

04CO

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Takaki YOSHIDA et al.

Serial No.: 09/697,305

Filed: October 27, 2000



Group Art Unit: Unassigned

Examiner: Unassigned

For: FAULT DETECTING METHOD AND LAYOUT METHOD FOR SEMICONDUCTOR  
INTEGRATED CIRCUIT

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

*[Handwritten signature]*  
84  
1-17-01

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 U.S.C. is hereby claimed:

Japanese Patent Appln. No. 11-307872 filed October 29, 1999.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

November 30, 2000

*[Handwritten signature of Roger W. Parkhurst]*

Roger W. Parkhurst  
Registration No. 25,177

RWP/mfb

Attorney Docket No. YMOR:186

PARKHURST & WENDEL, L.L.P.  
1421 Prince Street, Suite 210  
Alexandria, Virginia 22314  
Telephone: (703) 739-0220

PLEASE ACCEPT THIS AS  
AUTHORIZATION TO DEBIT  
OR CREDIT FEES TO  
DEP. ACCT. 16-0331  
PARKHURST & WENDEL

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年10月29日

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第307872号

出 願 人  
Applicant (s):

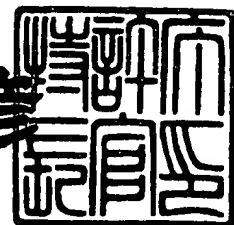
松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 6月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3051703

【書類名】 特許願

【整理番号】 5037610084

【提出日】 平成11年10月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 11/22

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 吉田 貴輝

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 下田 玲祐

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068087

【弁理士】

【氏名又は名称】 森本 義弘

【電話番号】 06-6532-4025

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010113

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体集積回路の故障検査方法及びレイアウト方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するためのに対策すべき情報である故障リストを用いて、前記半導体集積回路の故障検査を行なう半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 2】 半導体集積回路の故障を検査することによって、この半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するために対策すべき情報である故障リストを作成し、この故障リストを用いて前記半導体集積回路の故障検査を行なう半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 3】 故障検査の際に検出しにくい故障を事前に故障リストから省き、残った故障リストを用いて半導体集積回路の故障検査を行なう請求項 1 又は 2 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 4】 故障リストに、各故障についての故障の起こりやすさに関するデータを持たせる請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 5】 各故障の起こりやすさにより順番づけされた故障リストを用いて半導体集積回路の故障検査を行なう請求項 4 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 6】 各故障の起こりやすさにより故障の重みづけを行なって、故障検査のための故障検出率を求める請求項 4 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 7】 各故障の起こりやすさにより順番づけを行ない、この順番づけにしたがって故障の重みづけを行なう請求項 6 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 8】 半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 5 から 7 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 9】 半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいてマスクパターンの密度を計算し、このマスクパターンの密度に応じて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 5 から 7 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 10】 半導体集積回路のセルや機能ブロックについての過去の使用実績に基づく信頼性についてのデータベースに基づき故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 5 から 7 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 11】 各故障を検出した場合に取り得る故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成するのに不要な故障を、故障の起こり難い順に削除し、残りの故障に対して故障検査の処理を行なう請求項 7 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 12】 順番づけにしたがって各故障検査の処理を行ないながら、故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成した時点で処理を停止する請求項 7 記載の半導体集積回路の故障検査方法。

【請求項 13】 半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するためのに対策すべき情報である故障リストを用いて、前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なう半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 14】 半導体集積回路の故障を検査することによって、この半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するためのに対策すべき情報である故障リストを作成し、この故障リストを用いて、前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なう半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 15】 故障検査の際に検出しにくい故障を事前に故障リストから省き、省いた故障リストに対して前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なう半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 16】 故障リストに、各故障についての故障の起こりやすさに関するデータを持たせる請求項 13 から 15 までのいずれか 1 項記載の半導体集積

回路のレイアウト方法。

【請求項 1 7】 各故障の起こりやすさにより順番づけされた故障リストを用いて半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なう請求項 1 6 記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 1 8】 各故障の起こりやすさにより故障の重みづけを行なって、半導体集積回路のマスクの配置、配線のための故障検出率を求める請求項 1 6 記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 1 9】 各故障の起こりやすさにより順番づけを行ない、この順番づけにしたがって故障の重みづけを行なう請求項 1 8 記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 2 0】 半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 1 7 から 1 9 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 2 1】 半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいてマスクパターンの密度を計算し、このマスクパターンの密度に応じて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 1 7 から 1 9 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 2 2】 半導体集積回路のセルや機能ブロックについての過去の使用実績に基づく信頼性についてのデータベースに基づき故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なう請求項 1 7 から 1 9 までのいずれか 1 項記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 2 3】 各故障を検出した場合に取り得る故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成するのに不要な故障を、故障の起こり難い順に削除し、残りの故障に対して故障検査の処理を行なう請求項 1 9 記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【請求項 2 4】 順番づけにしたがって各故障検査の処理を行ないながら、故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成した時点で処理を停止する請求

項 1 9 記載の半導体集積回路のレイアウト方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体集積回路の故障検査方法及びレイアウト方法に関し、特に集積回路を効率的かつ高精度で故障検査およびレイアウトすることが可能な、半導体集積回路の故障検査方法及びレイアウト方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

図 4 8 に半導体集積回路のマスクパターンについての従来レイアウト処理について示す。

すなわち、論理検証の完了した回路ネットリスト 1 0 1 に基づき、レイアウト装置 1 0 2 により、集積回路のマスクパターンの物理的な配置、配線を行ったマスクレイアウト図 1 0 4 が自動的に生成される。回路図においては実際の物理情報は無いため、レイアウト処理において初めてマスクパターンの物理的な位置関係が与えられる。レイアウトにおけるマスクパターンの物理的な位置関係は、現状においては集積回路の論理動作のタイミング情報 1 0 3 に基づいて考慮される場合がほとんどである。

【0 0 0 3】

集積回路の製造プロセスにおいて、例えばマスクに微細な異物が付着すると、その付着部分でパターンブリッジ等の不良が生じ得る。このような不良は、一般に集積回路の検査工程で所定のテストパターンを用いて入出力信号を調べることで検出される。このようなテストパターンを回路図等の情報に基づいて自動的に生成する自動テストパターン生成装置 (A T P G) も良く知られている。

【0 0 0 4】

しかし、高度の集積回路にあっては、コストに見合う検査時間の制限から、実行するテストパターンの数も限られる。そこで、如何に短時間で効率的に集積回路の不良（以下、「故障」という）を検出するかが重要である。そこで、あるテストパターンで集積回路の故障をどの程度の確率で検出できるか、すなわち故障

検出率の評価を行なうことが必要になる。このような故障検出率の評価をも、本発明では「故障検査」ということにする。なお本発明において、「故障検査」は、故障を検査するという本来の意味で用いることもある。

## 【0005】

図49に従来の故障検査の流れ図を示す。回路ネットリスト201もしくは、故障リスト203とテストパターン204とを用いて故障検出率を出力する。

故障検査手段(ATPG)202では、具体的には、集積回路にあらかじめ人為的に故障状態を作っておき、これを検査機(又は故障検出器)にかけてその故障が正常に検出されるか否かを調べる(故障シミュレーション)。

## 【0006】

故障リストは、読み込むだけでなく、検出結果として出力する場合もある。故障検査手段(ATPG)202においては、回路ネットリストもしくは故障リスト203を用いてテストパターン204を自動的に生成し、併せて故障検出率205を出力する場合もある。

近年、集積回路の大規模化にともない、高い故障検出率を確保するために、膨大なテストパターンと、そのテストパターンを故障シミュレーションする処理時間とが必要になってきている。ATPGによる処理時間およびATPGによって自動生成されるテストパターンも同様に膨大になってきている。一方では、集積回路の信頼性を上げるために、求められる故障検出率は益々高くなってきている。

## 【0007】

一方、従来から、市場不良率と故障検出率は一般に下記の式(1)で表されている。この式において、Uは市場不良率、Kは故障検出率、Yは歩留りを表わす。

## 【0008】



【数 1】

$$U = 1 - Y^{(1-K)^2} \dots (1)$$

U : 市場不良率

K : 故障検出率

Y : 歩留り

ここでの故障検出率は、単一縮退故障、つまり、0縮退故障と1縮退故障とをモデルとして扱われている。0縮退故障は、対象とする信号線が常に0に固定するような故障、例えば対象の信号線がVSS（グランド）電源のマスクとブリッジしているような場合が想定される。信号線と電源のマスクとのブリッジ以外の故障であっても、同様のモデルで表現できる場合がかなりあり、従来は、大まかに式（1）で表現可能となっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

チップ上の物理的な領域において、故障の発生原因となる現象、例えばマスクへの異物の付着が生じたとき、これが故障に結び付くのは、マスクパターンが存在する部分に異物が付着したときである。チップ上にはマスクパターンが存在しない部分があり、この部分に異物が付着しても故障にはつながらない。

【0010】

通常、マスクパターンはチップ上に均一に存在しないで、マスクパターンが密である部分と疎である部分とがチップ上に生じている。したがって、故障の発生原因となる現象がチップ上でほぼ均一に発生するとしても、実際の故障が発生する確率はチップ上では均一ではなく、マスクパターンが密である部分は疎である部分に比べて故障発生率が高くなる。

【0011】

図50に示すように矩形のチップ上にマスクパターンが存在する部分と存在しない部分が分布している場合を仮定する。図50中、網かけされた「マスク有り

部分」がマスクパターンの存在する部分であり、白地の「マスク無し部分」がマスクパターンの存在しない部分である。矩形のチップ全体を上下左右に分割して4つのブロックA、B、C、Dとすると、各ブロックにおけるマスクパターンの密度、すなわち、全面積にマスクパターンが占める割合が異なっている。図50の場合、マスクパターンの密度はブロックBが最も高く、D、A、Cの順に低くなっている。図中において、×印は故障発生原因箇所を示すが、マスクパターン密度の低い部分は、故障の発生原因となる現象が起こっても故障発生率が低い。これに対して、マスクパターン密度の高い部分は、同じ故障の発生原因となる現象による故障発生率が高くなる。例えば、図50の場合、ブロックBはブロックAよりマスクパターン密度が高いので、故障の発生原因となる現象による故障発生率はブロックBのほうがブロックAより高くなる。

#### 【0012】

一方、集積回路において、例えば通常の信号線のマスクが電源線のマスクと近接していると、電源からのノイズ等の影響を受けて誤動作する可能性も高くなる。また、信号線が近接している場合も、信号強度の弱い信号が強度の強い信号に影響されて誤動作する可能性が高くなる。

このように実際の故障の起こる確率は、マスクの状態、つまりマスクの配置、配線のレイアウトの状態、及びマスクの種類によって変わってくる。

#### 【0013】

さらに、新規のプロセスや新規に開発したセルや信頼性試験の保証されていないセルや機能ブロックを用いる場合は、故障の可能性が高くなる。

従来故障検査は、図48や図49に示すように回路のネットリストとテストパターンのみを用いて処理しており、回路のレイアウトの状態、及びセルや機能ブロックの実績を考慮していない。つまり、故障検査の対象となるそれぞれの故障について実際の故障が起こる確率を均一に仮定して故障シミュレーション処理するため、従来故障検出率は、実際の故障発生率の指標としての精度を保証できないおそれがある。また、実際に生じやすい故障を先に故障検査やATPGによる処理の対象とするという効果的な処理を行なうことができない。

#### 【0014】

また、近年、集積回路の大規模化、微細化に伴って、従来のような単一縮退故障モデルでは表せない故障が出て来ることが予想される。つまり、市場不良率と故障検出率の関係は上述の式（１）では表現出来なくなってくる可能性が高い。そこで、実際の故障の発生を考慮した新たな故障検出率の尺度が必要になってくる。

【 0 0 1 5 】

さらに、従来のレイアウト方法は、故障の起こりやすさを考慮したものではなく、故障を起こさないためのマスクレイアウト対策は行なわれていない。

そこで本発明は、半導体集積回路のチップ内におけるマスクパターンの物理的な情報、また、セルや機能ブロックの実績を考慮し、実際の故障に基づく高精度かつ高効率の故障検査やレイアウトを行なう事を可能として、初期不良などの故障の低減に寄与できるようにすることを目的とする。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の故障検査方法は、半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するためのに対策すべき情報である故障リストを用いて前記半導体集積回路の故障検査を行なうものである。また本発明の故障検査方法及びレイアウト方法は、チップ内におけるマスクパターンの物理的な情報や、セルや機能ブロックの実績を考慮して、故障の起こりやすさの順番づけ及び故障の重みづけを行なうものである。

【 0 0 1 7 】

したがって本発明によると、実際の故障に基づく高精度かつ高効率の故障検査やレイアウトを行なう事が可能となり、半導体集積回路における初期不良などの故障の低減に寄与することができる。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

本発明は、半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するためのに対策すべき情報である故障リストを用いて、前記半導体集積回路の故障検査を行なうか、又は前記半導体集積回路のためのマスクの

配置、配線を行なうものである。

【 0 0 1 9 】

また本発明は、半導体集積回路の故障を検査することによって、この半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報もしくは故障を低減するために対策すべき情報である故障リストを作成し、この故障リストを用いて前記半導体集積回路の故障検査を行なうか、又は前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なうものである。

【 0 0 2 0 】

また本発明は、故障検査の際に検出しにくい故障を事前に故障リストから省き、残った故障リストを用いて半導体集積回路の故障検査を行なうか、又は前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なうものである。

また本発明は、故障リストに、各故障についての故障の起こりやすさに関するデータを持たせるものである。

【 0 0 2 1 】

また本発明は、各故障の起こりやすさにより順番づけされた故障リストを用いて半導体集積回路の故障検査を行なうか、又は前記半導体集積回路のためのマスクの配置、配線を行なうものである。

また本発明は、各故障の起こりやすさにより故障の重みづけを行なって、故障検査のための故障検出率を求めるか、又は半導体集積回路のマスクの配置、配線のための故障検出率を求めるものである。

【 0 0 2 2 】

また本発明は、各故障の起こりやすさにより順番づけを行ない、この順番づけにしたがって故障の重みづけを行なうものである。

また本発明は、半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なうものである。

【 0 0 2 3 】

また本発明は、半導体集積回路をレイアウトするためのレイアウト装置から得られるマスク情報に基づいてマスクパターンの密度を計算し、このマスクパター

ンの密度に応じて故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なうものである。

また本発明は、半導体集積回路のセルや機能ブロックについての過去の使用実績に基づく信頼性についてのデータベースに基づき故障の起こりやすさによる順番づけ又は重みづけを行なうものである。

【 0 0 2 4 】

また本発明は、各故障を検出した場合に取り得る故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成するのに不要な故障を、故障の起こり難い順に削除し、残りの故障に対して故障検査の処理を行なうものである。

また本発明は、順番づけにしたがって各故障検査の処理を行ないながら、故障検出率を算出し、指定した故障検出率を達成した時点で処理を停止するものである。

【 0 0 2 5 】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態を説明するものである。集積回路で発生する故障は、マスクの状態、つまりマスクの配置、配線のレイアウトの状態と、マスクの種類とによって変わってくる。また、使用しているセル及び機能ブロックの実績の程度によっても変わってくる。そして、このような故障を起こしやすい箇所は、マスクの配置、配線のレイアウトにおいて対策することにより、そこでの故障の発生率を下げる事が可能である。例えば、通常の信号線のマスクが電源線のマスクと近接していると電源からのノイズ等の影響を受けて誤動作する可能性も高くなるが、この場合に、電源線とマスクの間隔を広げる事により、故障の起こる可能性を下げる事ができる。

【 0 0 2 6 】

従来のものでは、回路ネットリスト 4 0 1 に基づき、レイアウト手段 4 0 2 により、集積回路のマスクパターンの物理的な配置、配線を行ったマスクレイアウト図 4 0 4 が自動的に生成されるだけであるが、本発明の第 1 の実施の形態では、故障の発生しやすい箇所の情報もしくは故障を低減するためにレイアウト手段 4 0 2 で対策すべき情報である故障リスト 4 0 3 を、このレイアウト手段 4 0 2

に取り込む。なお、故障の発生しやすい箇所は、レイアウト手段402から生成する場合もある。故障リスト403としては、マスク間が近いことや、電源マスクに接近していることや、クロックを供給する信号線のマスクが近接していることや、コンタクトの重なりが多いことや、上下隣り合う信号線がクロスしていることなどが挙げられる。この場合、一旦マスクのレイアウトを行った後に故障リストを生成し、再度、レイアウト手段402において故障を低減するための対策を行う。また、例えば故障検査を十分に行っていない対象故障箇所をレイアウト手段402で対策する場合は、この対象箇所が故障リスト403に含まれる。

#### 【0027】

図2は、本発明の第2の実施の形態に関して説明するものである。ここでは、故障検査を行うことにより、故障リストが作成される。故障検査の結果、未検出があれば、テストパターンを追加していく必要がある。ある程度故障検出率が高くなってくると、さらに故障検出率を上げるためのテストパターンを作成するのに要する時間も、そのテストパターンのステップ数も、膨大になってくる。ATPGの場合でも非常に長いテストパターンが生成されたり、自動で生成することができない場合も出てくる。つまり完全に故障検出率100%にするのは困難であり、結果として未検出故障が残る場合がほとんどである。これらの未検出故障は、実際に故障していても、それを検出するテストパターンが無く、見逃されてしまう事になる。よって、可能な限りこうした故障を起こさないように対策する必要がある。

#### 【0028】

そこで、この第2の実施の形態においては、故障検査手段501から出力される故障リスト502をレイアウト手段504に読み込んで、このレイアウト手段504において故障を低減するための対策を行う。その結果として、対策を行ったマスクレイアウト図505を生成する。このように故障検査で不十分なところをマスクレイアウトにおいて対策することにより、不良を抑え、かつ効率的な故障検査を行うことが可能になる。

#### 【0029】

故障検査手段501で生成する故障リスト502としては、未検出故障、検出

できるかどうか解らない故障、処理するのに非常に時間がかかるため、故障検査装置が処理をあきらめた故障があり、具体的には、これらの故障の発生に対応したレイアウト上の物理的な座標データを規定する。

図3は、本発明の第3の実施の形態を説明するものである。故障検査においては、処理時間が長大化する原因の一つとして、検出しにくい、もしくは検出できない故障の扱いが考えられる。

#### 【0030】

故障検査において、それぞれの故障を検出できるかどうかの検査時間は一律ではなく、故障検出のされやすさや検査時に発生するイベント量によって大きく異なる。検査時に発生するイベントの発生量が多くなると、故障検出器のハードウェアへの負担から処理時間の増大を招く。故障検査においては、検出される可能性の高いテストパターンあるいは検出されやすい故障を先に処理し、イベント発生等により処理時間のかかる故障は、後で処理するか、処理しないで別の対策を行う方が効果的である。

#### 【0031】

こうした検出しにくい故障は、回路上である程度わかっている。例えばスキャン設計におけるスキャンライン上のフリップフロップのピン、あるいはシステムクロック、セット、リセット関連のピン、さらには信号不定状態を発生するトライステートセルのコントロールピン等は、そこに設定した故障が回路の広範囲に影響を及ぼし、通常の検査対象箇所に設定した故障に比べて、検査時に多くのイベントを発生する可能性がある。

#### 【0032】

本発明の第3の実施の形態は、故障検査の対象となる故障リストから、処理の長大化につながる検出しにくい故障を前もって省き、残りの故障に対して故障検査を行い、また省いた故障に対してはマスキレイアウトにおいて故障を低減する対策を行うものであり、全体としての工数を削減し、市場不良を削減するものである。

#### 【0033】

具体的には、検出しにくい故障リスト削除手段602により故障検査の対象と

なる故障リスト 6 0 1 から検出しにくい故障リスト 6 0 3 に示した故障を省き、残りの故障 6 0 6 に対して効果的な故障検査 6 0 7 を行う。この検出しにくい故障リスト 6 0 3 に該当するレイアウト上のセルインスタンス名、マスク名等を指定する。通常の故障検査においてはテストパターン 6 0 8 は故障検査手段 6 0 7 に入力されるが、A T P G の場合は自動的にテストパターン 6 0 8 が生成される。検出しにくい故障に対しては、レイアウト手段 6 0 4 において実際の故障を低減するようなマスクの配置、配線の対策を行い、マスクレイアウト図 6 0 5 を生成する。

#### 【 0 0 3 4 】

図 4 ～図 8 は、本発明の第 4 の実施の形態を説明するものである。図 4 に示すような回路ネットリストがある場合、故障検査の対象となる故障リストは、図 5 のようになる。

故障検査は、実際に発生する不良を検出するために行う処理である。現状の故障検査は、回路ネットリストを基準としており、対象となる故障に対して実際の故障のしやすさを一律に扱っている。ところが、現実的には故障の起こりやすさは一律ではなく、マスクの物理的な要因などに基づいて変わってくる。よって、故障検査において本来の目的である不良を検出しはじき出すためには、現実的に起こりやすい対象故障を重点的に先に処理する必要がある。また、A T P G においても実際に故障しやすい対象故障を検出するパターンを効率的に自動生成する必要がある。

#### 【 0 0 3 5 】

そこで本発明の第 4 の実施の形態においては、例えば図 4 の回路に対しては、図 6 に示すような故障の起こりやすさにより順番付けされた故障リストを故障検査手段に取り込み、効率的な故障検査もしくは、A T P G による検査を行う。具体的には、図 7 に示すように、順番づけされた故障リスト 1 0 0 3 を故障検査手段 1 0 0 2 に取り込んで効率的な故障検査を行い、高精度な故障検出率 1 0 0 5 を出力する。A T P G の場合は、回路ネットリスト 1 0 0 1 に基づいて順番づけされた故障リスト 1 0 0 3 を用いて、効率的なテストパターン 1 0 0 4 を生成し、あわせて高精度な故障検出率 1 0 0 5 を出力する。



## 【0036】

一方、実際に故障しやすい箇所については、マスクの配置、配線のレイアウト処理において対策をすることにより、不良を起こりにくくすることが可能である。この第4の実施の形態においては、図8に示すように、故障検査手段だけでなく、レイアウト手段に順番付けされた故障リストを取り込み、不良を起こりにくくする。具体的には、レイアウト手段1102に順番づけされた故障リスト1103を取り込み、不良を起こりにくくするマスクの配置、配線を行い、マスクレイアウト図1104を生成する。1101は回路ネットリストである。故障リストに関しては、前もって順番づけの基準をレイアウト手段1102に取り込み、この基準に基づいて、既にレイアウトされているマスクから順番づけされた故障リスト1103を生成する場合もある。

## 【0037】

図9～図13は、本発明の第5の実施の形態を示す。図9は、図4に示す回路図をマスクレイアウト図に置き換えた場合の一部を示していると仮定する。図9において、斜線は電源となるマスクを示す。また、図4におけるH及びOの対象故障箇所は、図9におけるそれぞれH、Oのマスクと対応している。この場合、Hは電源マスクに近接している。Hは、Oに比べて、例えばXのような微細な異物による配線ショートが発生しやすい。また、電源マスクからのノイズの影響も受けやすい。つまり故障の起こる可能性は、HはOに比べて高くなる。この故障の発生の可能性の違いは、2つの対象故障箇所のマスクの配置、配線のレイアウト状態によって生じる。

## 【0038】

そこで本発明の第5の実施の形態においては、レイアウト手段のマスク情報から故障リストを実際の故障の起こりやすさにより順番づけし、この順番に従って、故障検査を行ったり、もしくはレイアウト手段によって実際の故障を起こさない対策を行ったりする。具体的には、図10に示す通りとする。すなわち、まずレイアウト手段1301でマスクの配置、配線のレイアウトを行なう。この際、マスク情報1302に基づき、対象故障リスト1304を順番づけする（1303）。この順番づけされた故障リスト1305に基づき、故障検査を行ない

(1306)、実際の故障の起こりやすさに応じた高精度な故障検出率1308を効率的に出力する事が可能となる。通常の故障検査においては、テストパターン1307は故障検査手段1306に入力される。ATPGの場合は自動的にテストパターン1307が生成される。

【0039】

一方、図11では、レイアウト手段1401でのマスク情報1402に基づき故障リスト1404を順番づけし(1403)、この順番づけされた故障リスト1405の情報に基づき、マスクの配置、配線のレイアウト手段1406により、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行ない、最終的なマスクレイアウト図1407を生成する。

【0040】

具体的な故障リストの順番づけの方法について、図12の回路図と図13のマスクレイアウト図とを用いて説明する。マスク上で配線が近いとショート故障やクロストークによる故障が発生しやすくなる。よって図13に示すようにマスクレイアウトの配置座標の情報から配線の距離Yを計算して、配線がより近いほど故障が起こりやすいという順番づけを行う。例えば図12において5つの箇所で見した場合、配線の距離が $4 < 2 < 5 < 1 < 3$ であれば、この順番で故障が起こりやすいと判断する。

【0041】

マスク上で電源用のマスクが通常信号線の近くに有る場合、その信号線は電源から影響を受けてノイズが発生し、不良となる場合がある。図13において、斜線は電源線である。この図13に示すように、まずマスクレイアウトの配置座標の情報から電源線を特定し、配置座標の情報から電源線と信号配線の距離Xを計算して、配線がより近いほど故障が起こりやすいという順番づけを行う。例えば図12において5つの箇所で見した場合、電源線(斜線)と信号配線の距離が $4 < 5 < 2 < 1 < 3$ であれば、この順番で故障が起こりやすいと判断する。

【0042】

クロックを供給する信号線が通常信号線の近くに有る場合、同様にその信号線は電源から影響を受けてノイズを発生し、不良となる場合がある。この場合、ク

ロックを供給する信号線の情報をレイアウト装置に与える事により、同様の流れにて順番づけを行う。

マスク上でコンタクトを使った信号線の乗り換えが多いと、コンタクト不良による信号の断線が起こりやすくなる。よって図 1 3 に示すように、マスクレイアウトの信号線の情報から同一配線を探索し、コンタクト数をカウントし、コンタクト数が多いほど故障が起こりやすいという順番づけを行う。図 1 3 において配線 C のコンタクトは O、P、Q、R であり、コンタクト数は 4 である。例えば図 1 2 において 5 つの箇所で見えた場合、コンタクト数が  $4 > 1 > 3 > 2 > 5$  という順番であれば、この順番で故障が起こりやすいと判断する。

【 0 0 4 3 】

マスク上で信号線がクロスしていると相互間で配線ショートが起こる場合がある。図 1 3 において配線 A と配線 C は S においてクロスしている。また、配線 B と配線 C は T でクロスしている。よって図 1 3 においてマスクレイアウトの信号線のクロス状態（上下隣合う層）及びクロス数をカウントし、上下隣合う層での信号線のクロス数が多いほど故障が起こりやすいという順番づけを行う。例えば図 1 2 において 5 つの箇所で見えた場合、上下隣合う信号線のクロス数が  $4 > 1 > 5 > 2 > 3$  という順番であれば、この順番で故障が起こりやすいと判断する。

【 0 0 4 4 】

図 1 4 ～ 図 1 6 は、本発明の第 6 の実施の形態を示すものである。前記したように、図 5 0 においてはマスクパターンの密度は  $B > D > A > C$  の順番に高い。故障の起こる確率もこの順番に高くなる。そこで、この第 6 の実施の形態においては、マスクパターンの密度によって故障リストの順番づけを行なう。マスクパターンの密度は、次の式で計算する。

【 0 0 4 5 】

$$MD = MS \times 100 / BS (\%)$$

この式において、MD はマスクパターンの密度、MS は指定したブロック内のマスクパターン部分の面積、BS は指定したブロックの面積である。

具体的な処理の流れを図 1 4 を使って説明する。まずレイアウト手段 1 7 0 1 によってマスク情報 1 7 0 2 を生成する。次にマスクレイアウト図を個々のセル

、機能ブロックもしくは他の指定ブロックに分割するためのブロック分け情報 1704 に基づいて、そのマスキレイアウト図を分割し、それぞれの分割ブロックのマスキ密度を算出する (1703)。生成する各ブロックのマスキ密度一覧 1705 に基づいて故障リスト 1707 を順番づけし (1706)、順番付けされた故障リスト 1708 に基づいて故障検査を行ない (1709)、実際の故障の起こりやすさを加味した高精度な故障検出率 1711 を出力する。通常の故障検査においては、テストパターン 1710 は故障検査手段 1709 に入力される。ATPG の場合は自動的にテストパターン 1710 が生成される。図 15 にマスキ密度一覧 1705 の例を示す。この例では、ブロック 1 のマスキパターンの密度は 90% である。順番づけは、マスキパターンの密度が高い順に対象故障を並べていく。

#### 【0046】

図 16 の処理では、マスキパターンの密度に基づく故障リストの順番づけは同様であるが、この順番づけされた故障リストの情報に基づき、マスキの配置、配線のレイアウト手段により、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行なう。すなわち、レイアウト手段 1901 によるマスキ情報 1902、ブロック分け情報 1904 に基づいてマスキレイアウト図を分割し、それぞれの分割ブロックのマスキ密度を算出する (1903)。そして生成する各ブロックのマスキ密度一覧 1905 に基づいて故障リスト 1907 を順番づけし (1906)、順番付けされた故障リスト 1908 に基づいて、マスキの配置、配線のレイアウト手段 1909 により、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行い、最終的なマスキレイアウト図 1910 を生成する。

#### 【0047】

図 17～図 19 は、本発明の第 7 の実施の形態を示すものである。

集積回路の中に、新規のプロセスや、新規に開発したが実績の少ないセルや信頼性試験の保証されていないセルや機能ブロックなどを用いる場合、故障の可能性は高くなる。そこで、故障検査やレイアウトにおいて、こうした過去の使用実績を考慮する必要がある。この第 7 の実施の形態に示す方法では、セル、機能ブロックなどについての過去の実績をデータベースとしてまとめ、故障検査及びマ

スクのレイアウトにおいて考慮し、実際の故障の起こりやすさに応じた高精度な故障検出率を得たり、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行なうものである。

#### 【0048】

図17にデータベースの具体例を示す。このデータベースは、集積回路内で使用するセル、機能ブロック名、それぞれの過去の品種での使用実績回数、過去に不良を発生した場合の回数、信頼性試験の状況、集積回路の内部で使用しているプロセスの実績回数からなる。信頼性試験の状況において例えば「◎」印は所定の基準を満足している場合を示し、「○」印は信頼性試験の途中等で満足できていない場合を示し、「△」印は信頼性試験において問題がある場合を示す。

#### 【0049】

図18に具体的な処理の流れについて示す。故障リスト2102の順番づけ手段2101において、セル、機能ブロックの実績データベース2103の情報を取り込み、対象故障の順番づけを行なう。この順番づけされた故障リスト2104に基づいて故障検査を行ない(2105)、実際の故障の起こりやすさに応じた高精度な故障検出率2107を出力する。通常の故障検査においてはテストパターン2106は故障検査手段2105に入力され、ATPGの場合は自動的にテストパターン2106が生成される。

#### 【0050】

図19では、機能ブロックの実績データベースに基づく故障リストの順番づけは図18の場合と同様であるが、ここでは、この順番づけされた故障リストの情報に基づき、マスクの配置、配線のレイアウト手段により、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行なう。具体的には、セル、機能ブロックの実績データベース2203の情報により故障リスト2202を順番づけし(2201)、この順番づけされた故障リスト2204に基づき、マスクの配置、配線のレイアウト手段2205により、実際の故障の起こりやすい箇所に対して対策を行い、最終的なマスクレイアウト図2206を生成する。

#### 【0051】

図20は、本発明の第8の実施の形態を示すものである。

故障検出率は、使用するテストパターンにおいて対象故障を検出できる尺度を示しており、故障検査により算出される。本来、この対象故障は、実際に起こり得る故障でないといけない。ところが、実際に起こる故障は起こりやすさという点で一律ではない。起こりやすいものもあるし、起こりにくいものもある。しかし、従来の故障検査手段では、実際の故障のしやすさを考慮しておらず、結果として一律として扱っている。つまり、起こりやすい故障も起こり難い故障も同一に扱われ、検出したら故障検出率にカウントし、検出できないと未検出として扱われている。

#### 【0052】

この場合、たとえ起こりにくい故障を検出して故障検出率を高くしても、起こりやすい故障、つまり、気をつけないといけない故障を検出していないと、実際の故障の起こる可能性は高くなる。故障検出率の本来の目的は、実際の故障をはじくことにある。そのためにはテストパターンは起こりやすい故障を重点的にはじくものでなければならない。つまり、故障検出率においても、故障の起こりやすいものは故障の比重を高く、起こり難い故障は、比重を低くする必要がある。

#### 【0053】

図20において、対象故障がA点の1故障、A点の0故障、B点の1故障のようにいくつかある場合、従来は、各対象故障についての故障の重みづけは等しく1である。しかしながら、実際の故障の起こりやすさを考えると、故障の重みづけが必要であり、図において、重みの平均値を1.0として、例えばA点の1故障、0故障は、起こり難く0.2、B点の1故障は実際に起こりやすく1.8のようになる。

#### 【0054】

従来から市場不良率と故障検出率の関係は、上記の式(1)で表されている。この式では、故障を単一縮退故障として扱っているが、今後、集積回路の大規模化、微細化に伴って、従来のような単一縮退故障モデルでは表せない故障が出て来ることが予想される。つまり、市場不良率と故障検出率の関係は式(1)では表現出来なくなってくる可能性が高い。そこで、実際の故障の発生を考慮し、重

みづけを行なった新たな故障検出率の尺度は重要であり、これを行なうことにより、より正しく故障検出率と市場不良率との関係を導き、最終的には市場不良を低減する事が可能となる。

【 0 0 5 5 】

図 2 1 ～図 2 3 は、本発明の第 9 の実施の形態を示すものである。ここでは、上述の故障の重みづけについての具体的な方法を示す。

すなわち、対象故障を故障の起こりやすさにより順番づけし、この順番づけに従って、故障の重みづけを一定の割合で変化させる。具体的な処理手順を図 2 1 に示す。故障リスト 2 4 0 2 を順番づけ手段 2 4 0 1 によって順番づけし、生成した順番づけされた故障リスト 2 4 0 3 に対して故障の重みづけ手段 2 4 0 4 によって重みづけを行なう。生成した重みづけされた故障リスト 2 4 0 5 に対して故障検査を行ない（2 4 0 6）、重みづけを考慮した高精度な故障検出率 2 4 0 8 を算出する。通常の故障検査においてはテストパターン 2 4 0 7 は故障検査手段 2 4 0 6 に入力されるが、A T P G の場合は自動的にテストパターン 2 4 0 7 が生成される。

【 0 0 5 6 】

図 2 1 では、重みづけした故障リストに対して故障検査を行なっているが、重みづけを行なわない通常の故障検査を実施した後に故障の重みづけを行ない、重みづけを用いた高精度な故障検出率を再計算し直す事も有り得る。

図 2 2 に重みづけの具体的な例を示す。重みづけの変化の割合は、

$$d = 2 / (n + 1)$$

で表す。ここで、 $d$  は重みづけの変化の割合、 $n$  は対象故障数である。図 2 2 の例では対象故障数  $n$  は 3 9 個である。重みづけの変化の割合は、

$2 / (3 9 + 1) = 0. 0 5$  となる。もっとも重みづけの低い L 点の 1 故障は、 $0. 0 5$  となる。その次に重みの低い K 点の 0 故障は、これに  $0. 0 5$  を足して  $0. 1 0$  となる。重みづけの真中の故障は、T 点の 0 故障であり、重みは  $1. 0 0$  となる。最も重みの高い故障は H 点の 1 故障であり、重みは  $1. 9 5$  となる。

【 0 0 5 7 】

次に具体的な故障検出率を計算する。図 2 3 に示すように、重みづけを行なっ

た故障に対して検出、未検出の判定を仮定する。従来の故障検出率の算出法では、式（２）のように単純に全故障数と検出された故障数から故障検出率を算出している。

【 0 0 5 8 】

【数 2】

$$\text{従来故障検出率} = \frac{\text{検出された故障数}}{\text{全故障数}} \times 100 \quad (\%)$$

. . . (2)

しかしながら、本発明に基づく重みづけを考慮した故障検出率は、式（３）のように算出する。

【 0 0 5 9 】

【数 3】

$$\text{重みづけによる故障検出率} = \frac{1.95 + 1.90 + 1.80 + \cdots + 1.00 + \cdots + 0.05}{\text{全重みの合計（全故障数）}} \times 100 \quad (\%)$$

. . . (3)

すなわち、全重みの合計もしくは全故障数に対して、検出した各故障の重みを 1.95 + 1.90 + 1.80 + ..... + 1.00 + ..... + 0.05 のように足していき、故障検出率を計算する。

【 0 0 6 0 】

図 2 4 ～ 図 2 5 は、本発明の第 1 0 の実施の形態を示す。この実施の形態においても、故障の重みづけの具体的な方法に関して示す。ここでは、レイアウト手段により得られるマスク情報に基づき、セルもしくは機能ブロックのマスク密度を計算し、このマスク密度と集積回路全体のマスク密度である平均のマスク密度との割合から故障の重みづけを行なう。

【 0 0 6 1 】



具体的に図 2 4 を使って処理の流れを説明する。まずレイアウト手段 2 7 0 1 によってマスク情報 2 7 0 2 を生成する。次に、マスクレイアウト図を個々のセル、機能ブロックもしくは他の指定ブロックに分割するためのブロック分け情報 2 7 0 4 に基づいてマスクレイアウト図を分割し、それぞれの分割ブロックのマスク密度を算出し (2 7 0 3)、ブロックのマスク密度一覧 2 7 0 5 を生成する。算出手段 2 7 0 3 においては、対象となる集積回路のチップ全体のマスク密度 (以下、「平均マスク密度」という) も併せて生成する。この平均マスク密度と生成する各ブロックのマスク密度の割合から故障リスト 2 7 0 7 に示す各対象故障の重みづけを行なう (2 7 0 6)。ここで、各故障は、その故障に直接影響するセルもしくは機能ブロックのマスク密度に応じて重みづけされる。この重みづけされた故障リスト 2 7 0 8 に基づいて故障検査を行ない (2 7 0 9)、重みづけを考慮した高精度な故障検出率 2 7 1 1 を出力する。通常の故障検査においてはテストパターン 2 7 1 0 は故障検査手段 2 7 0 9 に入力されるが、ATPG の場合は自動的にテストパターン 2 7 1 0 が生成される。

#### 【0 0 6 2】

なお、図 2 4 では重みづけした故障リストに対して故障検査を行なっているが、重みづけを行なわない通常の故障検査を実施した後に故障の重みづけを行ない、重みづけを用いた高精度な故障検出率を再計算し直す事も有り得る。

図 2 5 は重みづけされた故障リストの例を示す。平均マスク密度である 1 チップのマスク密度は、1. 0 である。セルや機能ブロックは、平均マスク密度との割合からマスク密度を決定し、そのマスク密度がそのまま重みづけとなる。個々の対象故障は、その故障箇所に直接影響するセルもしくは機能ブロックのマスク密度に応じて重みづけされる。例えば、A 故障は、ブロック A に絡む故障であり、ブロック A の重みづけは 0. 9 であるため、この故障の重みづけも 0. 9 となる。

#### 【0 0 6 3】

図 2 6 は、本発明の第 1 1 の実施の形態を示す。この実施の形態においても、故障の重みづけの具体的な方法を示す。ここでは、集積回路の中に使用しているセル、機能ブロックなどの過去の実績に基づき、故障の重みづけを行なう。セル

、機能ブロックなどの過去の実績に関しては、例えば前述の図17で示したデータベースを用いる。図17において、使用実績が低いほど、また過去不良回数が多いほど、また信頼性試験での問題がある程、またプロセス実績の回数が低いほど、故障の重みづけは高くなる。図17においては、セルや機能ブロックに対しての実績を示しているが、個々の対象故障の重みづけは、その故障箇所に直接影響するセルもしくは機能ブロックの過去の実績から得られる重みづけに従って行われる。

#### 【0064】

図26の手順によれば、まずセルや機能ブロックの実績データベース2903に基づき、故障リスト2902を重みづけする(2901)。この重みづけされた故障リスト2904に対して故障検査2905を行ない、重みづけを考慮した高精度な故障検出率2907を出力する。通常の故障検査においてはテストパターン2906は故障検査手段2905に入力されるが、ATPGの場合は自動的にテストパターン2906が生成される。

#### 【0065】

なお、図26では重みづけした故障リストに対して故障検査を行なっているが、重みづけを行なわない通常の故障検査を実施した後に故障の重みづけを行ない、重みづけを用いた高精度な故障検出率を再計算し直す事も有り得る。

図27は、本発明の第12の実施の形態を示す。この実施の形態においても、故障の重みづけの具体的な方法を示す。ここでは、レイアウト手段から得られるマスク情報に基づいて故障の重みづけを行なう。具体的な重みづけの方法は、例えば、前述の図12、図13のマスク図によって説明した故障リストの順番づけの方法に基づく。

#### 【0066】

図27は具体的な処理の手順について示す。まず、レイアウト手段3001により生成するマスク情報3002に基づき、故障リスト3004の重みづけを行なう(3003)。この重みづけされた故障リスト3005に対して故障検査3006を行ない、重みづけを考慮した高精度な故障検出率3008を出力する。通常の故障検査においてはテストパターン3007は故障検査手段3006に入

力されるが、ATPGの場合は自動的にテストパターン3007が生成される。なお、図27では重みづけした故障リストに対して故障検査を行なっているが、重みづけを行なわない通常の故障検査を実施した後に故障の重みづけを行ない、重みづけを用いた高精度な故障検出率を再計算し直す事も有り得る。

#### 【0067】

図28～図30は、本発明の第13の実施の形態を示す。故障検査は非常に時間のかかる処理であるため、実際に故障の起こる可能性の低い故障は可能な限り処理しないで、効果的に処理を行なう事が望ましい。このため、故障の起こりやすさによって順番づけし、かつ故障の起こりやすさによって故障を重みづけすると、故障検査を行なう必要のある故障から優先的に処理をすることが可能であるとともに、それぞれの対象故障を検出した場合に取り得る故障検出率を計算する事が可能である。ここに示す方法では、達成したい故障検出率を与える事により、その故障検出率を得るための必要故障を故障の起こりやすい順に抜き出し、残りの対象故障については、不要な故障として処理を行なわないで、効果的に故障検査を行なう。

#### 【0068】

図28に具体的な処理の手順を示す。ここでは、故障リストの順番づけ手段3101によって故障リスト3102を順番づけする。そして、生成した故障リスト3103に対して故障の重みづけ手段3104によって重みづけを行ない、さらに取り得る故障検出率の計算を行ない(3105)、取り得る故障検出率を含む故障リスト3106を生成する。また達成したい故障検出率を指定し(3108)、故障リスト3106から検査不要故障を削除する(3107)。そのうえで、残った故障リスト3109に対して故障検査を行ない(3110)、重みづけを考慮した高精度な故障検出率3112を効果的に出力することが可能である。通常の故障検査においてはテストパターン3111は故障検査手段3110に入力されるが、ATPGの場合は自動的にテストパターン3111が生成される。

#### 【0069】

図29は、前述の図22の例について取り得る故障検出率を含む故障リスト3

1 0 6 の例を示している。H 点の 1 故障のみを検出すると、全故障数は 3 9 であるため、取り得る故障検出率は  $1.95 \times 100 / 39 = 5.0\%$  となる。同様に I 点の 1 故障まで検出すると取り得る故障検出率は 9.9% となる。また、故障の起こり難い K 点の 0 故障まで検出すると取り得る故障検出率は 99.9%、さらに最も故障しにくい L 点の 1 故障まで全て検出すると 100% の故障検出率を取り得ることになる。ここで、目標故障検出率として 15% を指定すると、G 点の 1 故障までを対象とすればよい事になる。

#### 【0070】

図 30 では、図 28 における検査不要故障を削除する処理までは同じであるが、ここでは、残った故障リストに対して、マスクの配置、配線のレイアウト手段により、実際の故障の起こりやすい箇所に対策を行なう。すなわち、故障リスト 3302 の順番づけを行ない (3301)、生成する故障リスト 3303 に関して故障の重みづけを行ない (3304)、併せて取り得る故障検出率を計算する (3305)。生成した故障リスト 3306 から達成したい故障検出率 3308 に従って検査不要故障を省き (3307)、残った故障リスト 3309 に対してレイアウト手段 3310 により対策を行ない、最終的なマスクレイアウト図 3311 を生成する。

#### 【0071】

図 31 は、本発明の第 14 の実施の形態を示す。上述の第 13 の実施の形態では、故障検査を効果的に実施するために、故障検査を行なう前に、達成したい故障検出率に対して不要な故障を省いたが、ここでは、前もって不要故障を省くのではなく、故障検査の処理中に目標の故障検出率に達しているかどうかの確認を行ない、目標に達した時点で残りの故障に対して故障検査を行なわないようにする。

#### 【0072】

図 31 は具体的な処理の手順について示す。まず、故障リストの順番づけ手段 3401 によって故障リスト 3402 の順番づけを行なう。次に、生成した故障リスト 3403 に対して故障の重みづけ手段 3404 で重みづけを行ない、重みづけした故障リスト 3405 を生成する。この故障リストによって故障検査を行

なう(3406)。故障検査の最初に、目標の故障検出率を指定しておく(3407)。故障検査3406では、個々の対象故障を処理するごとに、指定した故障検出率になったか否かの確認3408を行ない、達成していなければ次の対象故障を処理する。一方、目標故障検出率に達した場合は、故障検査処理を終り、重みづけを考慮した最終故障検出率3409を出力する。通常の故障検査においてはテストパターン3410は故障検査手段3406に入力されるが、ATPGの場合は自動的にテストパターン3410が生成される。

#### 【0073】

なお、故障検査手段から指定した故障検出率に達した時点での故障リストを出力し、この故障情報に基づいてレイアウト手段により対策を行い、最終的なマスクレイアウト図を生成することもできる。

次に、本発明に基づくさらなる故障検査方法について説明する。

半導体集積回路の故障検査に際しては、テスターと称される検査装置が一般に用いられるが、半導体集積回路が異常動作したときにテスターが出力する異常箇所についての時間と信号状態と信号検出端子情報とを、ここでは「フェイルログ」と総称することにする。そして、以下に説明するように本発明では、テスターにおいて測定条件を変化させた場合のフェイルログを加工したり、複数フェイルログを総合的に判断したり、またマスクの配置、配線の物理的なレイアウト情報を加味することで、ネットリスト上の被疑故障箇所の抽出を比較的短時間に簡便かつ精度よく行うようにすることを主眼とする。

#### 【0074】

図32～図33は、本発明の第15の実施の形態を示す。前述の図12および図13に示すように、回路ネットリスト上では一見離れている場合でもマスクレイアウト図上では近くに配置されている場合がある。すなわち、図12における2が図13におけるAに相当し、図12における4が図13におけるBに相当するような場合には、図12における2、4は比較的ばらついてはいるが、これを図13のA、Bで見ると隣り合う配線であることがわかる。仮に図12の2、4の×印が被疑故障箇所であるとした場合、図12上では関連性のない故障のように考えられるが、図13で見るとマスクが近接しており、例えば配線ショートによ

うな関連性のある故障が推定できる。このように回路ネットリストだけでは関連性がはっきりしない場合でも、実際の物理的なマスキレイアウト上では関連性が明白な場合が出てくる。実際に起こる故障は、最終的には実際のマスキレイアウト上の物理的な要素を考慮する必要がある。

#### 【0075】

これまでの故障診断システムでは回路ネットリストとシミュレータの中だけの絞り込みであったが、本発明に基づく故障検査方法では、マスクの配置、配線の物理的なレイアウト情報を加味した処理を行なう。図32に本発明に基づく流れ図を示す。テスター801から出力されるフェイルログ901と、レイアウト装置902から得られる例えばVDD電源線や通常信号線のような配線の種類、配置座標値などのマスク情報903とを、故障診断システム904に入力し、被疑故障箇所を絞り込んで出力する(905)。故障診断システム904において被疑故障箇所を絞り込んでレイアウト装置902に情報を送り、必要な配線の種類、配置座標値を取り出す場合もある。

#### 【0076】

また、同様の考え方は、故障箇所を絞り込むだけでなく、図33に示すようにレイアウト装置902から得られる配線の種類、配置座標値などのマスク情報903を入力として、故障の起こりやすさの判断を行なうことにより(3300)、結果として起こりやすい故障の種類及び起こりやすい故障箇所のリスト3301を出力する事も可能である。

#### 【0077】

次に、上述の故障診断システム904による被疑故障箇所の絞り込みについて詳細に説明する。すなわち本発明では、テスターでの評価条件により不良サンプルのフェイルログが変化する場合に、このフェイルログの変化を考慮しないと、どの評価条件でのフェイルログを使うかによって被疑故障箇所の増大を招き、故障箇所の絞り込みに時間がかかることがあるという欠点を排除する。また、絞り込んだ被疑故障箇所のレイアウト上の物理的な位置関係を考慮しないと、絞り込んだ結果の故障源が多数存在する場合には、実際の物理的な故障箇所を自動で特定するのは困難であり、マスキレイアウト図の関連する部分を人間が見て故障箇

所を推測するしかないという欠点をも排除する。

【0078】

図34～図40は、本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第1の例を示す。ここでは、図34に示す半導体集積回路中の単一縮退故障の存否を調べるために図35に示すテストパターンを使用するものとする。図34において、P1～P4は外部入力信号線、P5、P6は外部出力信号線である。図35の時刻1～5において、P1～P4に対して図示の入力に示すテストパターンを入力すると、回路に故障がない場合、P5、P6から図示の期待値に示す信号が出力される。

【0079】

図36～図38は、図34の回路のテスター評価において、測定電圧を変化させて、回路中に故障が発生する場合の出力結果（フェイルログ）を示している。HやLに丸印を付けているものは、図35の期待値と結果が異なる場合である。図39は、測定電圧を変化させて、それぞれの電圧での半導体集積回路の動作の変化を見たものである。ここで、「Pass」というのは、故障の存在しない期待する動作をしている場合であり、「Fail」は、半導体集積回路中に故障箇所が存在し、期待する動作をしていない場合である。図39において測定電圧0V、1V、2Vでは、出力結果としては図35に示すように半導体集積回路が正しく動作している。ところが、2.5Vの時点で図34に示すA信号線の信号が1となる故障が発生する。この場合、出力フェイルログの結果は、図36に示すようになる。さらに測定電圧を上げ3Vになると、図34においてH点で信号が1になる故障が発生し、出力フェイルログの結果は図37に示すようになる。さらに3.5Vになると図34において新たにD点が1となる故障が発生し、出力フェイルログの結果は図38に示すようになる。

【0080】

このように測定電圧を変化させると故障箇所が変化し、増加し、出力結果（フェイルログ）も変化する。この場合、電源電圧が3Vや3.5Vでのフェイルログは、複数の故障箇所に起因するフェイルログとなっており、このフェイルログを用いてこれまでのシステムを用いる場合は、故障箇所の絞り込みに時間がかか

ったり、正しく絞り込みができない場合が出てくる。一方、図 3 9 においてフェイルログにフェイル箇所が現れる境界条件である 2. 5 V では、フェイルログには図 2 での A 点の 1 故障のみの影響しか出てこないため、これまでのシステムでの故障箇所の絞り込みが容易となる。処理の流れは、図 4 0 に示すようにテスター 8 0 1 において測定条件を変化させ、境界条件を検出し、その時点でのフェイルログを出力するフェイルログ加工手段 8 0 2 をもち、フェイル箇所記憶手段 8 1 0 にフェイルログ 8 0 3 を渡す。測定条件としては、電圧の他に温度、周波数等も考えられる。

#### 【0 0 8 1】

このようにフェイル箇所記憶手段 8 1 0 により記憶したフェイル箇所を用いて、検査で使用したテストパターンを与え、テスターでのフェイル箇所のみに期待値を設定し、故障シミュレーションを行なって被疑故障の絞り込みを行ない、多くのフェイル箇所に影響を与えた故障を最終被疑故障として出力する。

図 4 1 ~ 図 4 2 は、上述の故障診断システム 9 0 4 による被疑故障箇所の絞り込み方法の第 2 の例を示す。半導体集積回路で発生する故障には様々な種類の故障があり、テスター測定により出力されるフェイルログにも傾向が現れる。例えば周波数を変化させてもフェイルログが全く変化しないのであれば、周波数に依存しない故障、例えば縮退故障が一例として考えられる。逆に周波数を変化させるとフェイルログが変化するのであれば、周波数に依存する故障、例えばクロストークが一例として考えられる。一方、測定条件に依存する場合でも、複数パラメータが影響する場合もあり、この場合、その複数パラメータに依存する故障が考えられる。例えば、微小な電流リークによる故障が発生する場合は、測定電圧、測定温度のいずれのパラメータにも影響を与える故障であり、それぞれの測定条件によるフェイルログを確認することにより、微小リークの可能性を推定できる。複数パラメータで全く同一のフェイルログが得られる場合は、特に故障箇所が一致している事も推定できる。

#### 【0 0 8 2】

図 4 1 ~ 図 4 2 を用いて説明される手法では、図 4 2 に示すような、発生可能性の高い故障テーブルを使用する。ここでパラメータとして与える A や B は、例



例えば電圧等の測定パラメータである。この図42において、「A」は、フェイルログがAのパラメータに依存する事を示す。逆に「!A」は、フェイルログがAのパラメータに依存しないことを示す。例えばAを電圧パラメータ、Bを周波数パラメータとすると、「A & !B」は、電圧に依存するが、周波数には依存しないα故障ということになる。

#### 【0083】

図41はその処理の流れを示す。ここでは、パラメータA、パラメータBのように2つのパラメータを用いるテスター801において測定条件を変化させ、フェイルログ加工手段4501では測定条件に依存するかどうかの判定を行ない、その判定結果と、依存する場合は境界条件でのフェイルログ、また、依存しない場合は、常に変化しないフェイルログとを出力する。パラメータA、パラメータBに対してフェイルログ加工手段4501によって出力されたパラメータAの判定結果及びフェイルログ4502とパラメータBの判定結果及びフェイルログ4503とを入力として、診断手段4504において、判定結果とフェイルログとを比較検討し、データベースとしてもつ図42の形式の故障テーブル4505から可能性の高い故障の種類を推定する(4506)。フェイルログが完全に一致する場合は、その一致情報を併せて出力する。このようにテスターにおけるフェイルログの情報だけから、故障の種類、故障箇所の一致を推定することができる。

#### 【0084】

図43は、故障診断システム904による被疑故障箇所の絞り込み方法の第3の例を示す。ここでも、パラメータA、パラメータBのように2つのパラメータを用いる場合を説明する。テスター801において測定条件を変化させ、フェイルログ加工手段4501で測定条件に依存するかどうかの判定を行ない、その判定結果と、依存する場合は境界条件でのフェイルログ、また、依存しない場合は、常に変化しないフェイルログとを出力する。パラメータA、パラメータBに対してフェイルログ加工手段4501によって出力されたパラメータAの判定結果及びフェイルログ4502とパラメータBの判定結果及びフェイルログ4503とを入力とし、診断／フェイルログ加工手段4601により、判定結果とフェイ

ルログとを比較検討し、データベースとしてもつ図 4 2 の形式の故障テーブル 4 5 0 5 から、可能性の高い故障の種類を推定する (4 6 0 3)。さらに診断／フェイルログ加工手段 4 6 0 1 では 4 5 0 2、4 5 0 3 のフェイルログを総合的に判断し、フェイルログの重なりを抽出し、生成したフェイルログ 4 6 0 2 を故障診断システムのフェイル箇所記憶手段 4 1 0 1 に渡し、被疑故障箇所の絞り込みを行なう。このようにフェイルログの段階で情報の絞り込み、故障の種類、故障箇所の推定を行い、複数測定条件におけるフェイルログを総合的に判断する事により、以降の故障診断システムでの被疑故障箇所の絞り込みの効率化、診断精度を向上することが可能になる。

## 【 0 0 8 5 】

図 4 4 ～図 4 6 は、本発明の第 1 6 の実施の形態を示す。この第 1 6 の実施の形態は、第 1 5 の実施の形態と同様にフェイルログを用いて処理を行なうが、さらにマスクの配置、配線の物理的なレイアウト装置から得られるマスク情報により、被疑故障の推定及び順番づけを行い、故障箇所を絞り込むものである。図 4 4 は、その処理の手順について示している。

## 【 0 0 8 6 】

この図 4 4 において、4 1 0 1 はフェイル箇所記憶手段、4 1 0 2 は対応表生成手段、4 1 0 3 は対応表記憶手段、4 1 0 4 は対応表検索手段、4 1 0 5 は初期被疑故障記憶手段、4 1 0 6 は故障箇所絞り込み手段、4 1 0 7 は最終被疑故障表示手段である。

まず、対象となる半導体集積回路をテスターで検査した結果、回路の出力信号が故障の存在しないときの期待値と一致しなかったテスターでのフェイル箇所を、フェイル箇所記憶手段 4 1 0 1 により記憶する。一方で、検査で使用したテストパターンを用いて回路中の対象とする故障を検出できるか否かを調べる故障シミュレーションを実行し、回路中の故障箇所とそれぞれの故障が最初に検出される時刻及び外部ピンとの対応表を対応表生成手段 4 1 0 2 により生成し、作成した対応表を対応表記憶手段 4 1 0 3 で記憶する。フェイル箇所記憶手段 4 1 0 1 で記憶した個々のフェイル箇所と、対応表記憶手段 4 1 0 3 で記憶した対応表の内容を検索手段 4 1 0 4 により照合し、対応表中の該当する全ての故障を初期被

疑故障として抽出し、初期被疑故障記憶手段 4 1 0 5 で初期被疑故障の情報を記憶しておく。故障箇所絞り込み手段 4 1 0 6 では、この初期被疑故障を対象として、検査で使用したテストパターンを与え、テスターでのフェイル箇所のみに期待値を設定して、故障シミュレーションを行なって被疑故障の絞り込みを行ない、多くのフェイル箇所に影響を与えた故障を最終被疑故障として出力する。故障箇所絞り込み手段 4 1 0 6 による診断結果である最終被疑故障を、最終被疑故障表示手段 4 1 0 7 で表示する。

#### 【 0 0 8 7 】

そして、ここでは、初期被疑故障記憶手段 4 1 0 5 に記憶された初期被疑故障に対してレイアウト装置 9 0 2 から得られるマスク情報 9 0 3 をもとに被疑故障の故障の起こりやすさの順番づけを行う（9 1 0）。順番づけの手法は、上述の通りである。この順番づけに従って、さらに故障シミュレーションによる故障箇所の絞り込みを行ない（4 1 0 6）、被疑故障箇所を絞り込む。故障シミュレーションは非常に時間のかかる処理であるが、対応表検索手段 4 1 0 4 により得られる初期被疑故障の順番づけを行う事により、最も疑わしい故障を先に処理していくため、全体として、時間のかかる無駄な故障シミュレーションを行わず、実際の故障箇所を早く絞り込む事が可能となる。

#### 【 0 0 8 8 】

図 4 5 に示すように、通常、ネットリストの段階で故障診断システムを用いて被疑故障箇所の絞り込み 1 2 0 0 を行った後、電子ビームテスター 1 2 0 1 や走査型電子顕微鏡 1 2 0 2 で物理的な欠陥の場所特定、欠陥の状態の確認を行うが、いずれも非常に時間のかかる作業である。よってもっとも疑わしい被疑故障箇所から先に作業を行う必要がある。

#### 【 0 0 8 9 】

そこで、本発明の手法を用いる事によって被疑故障箇所の絞り込みが行われ、仮に被疑故障箇所が複数残ったとしても、被疑故障箇所の故障の起こりやすい順番づけが行われており、この順番に従って最も疑わしい故障を先に処理していくため、より効果的な電子ビームテスターや走査型電子顕微鏡の作業を行う事が可能になる。

## 【 0 0 9 0 】

図 4 6 は図 4 4 に示すものの変形例を示す。ここでは、故障箇所絞り込み手段 4 1 0 6 の段階でレイアウト装置から得られる情報をもとに被疑故障の故障の起こりやすさの順番づけを行っており、この場合も同様の効果が得られる。また、前述の第 1 5 の実施の形態の場合と同様に、レイアウト情報 9 0 2 を用いるため、被疑故障として絞り込んだ故障がどのような種類の故障であるかを推定することも可能となる。

## 【 0 0 9 1 】

図 4 7 は、テスターにおいて測定条件を変化させ、複数のそれぞれの測定条件におけるフェイルログを総合的に判断し、かつマスクの配置、配線の物理的なレイアウト情報を加味し、被疑故障の推定及び故障の起こりやすさの順番づけを行ない、故障箇所を絞り込む、半導体集積回路の故障検査方法を説明するものである。ここでは、テスター 8 0 1 において測定条件を変化させ、それぞれの複数測定条件におけるフェイルログを総合的に判断し（4 5 0 1）、かつレイアウト装置 9 0 2 から得られるマスクの配置、配線の物理的なレイアウト情報 9 0 3 を加味し、被疑故障の推定及び故障の起こりやすさの順番づけを行ない（9 1 0）、故障箇所を絞り込むものである。フェイルログの情報 4 6 0 2 は、フェイル箇所記憶手段 4 1 0 1 に記憶される。被疑故障の順番づけ手段 9 1 0 は、初期被疑故障記憶手段 4 1 0 5 の被疑故障を入力とし、被疑故障の順番づけを行ない、この順番に従って被疑故障が故障箇所絞り込み手段 1 0 6 に渡される。このようにテスター 8 0 1 における複数測定条件のフェイルログを総合的に判断し、また、マスクの配置、配線の物理的な情報を加味する事により、効率的に被疑故障の種類の推定及び故障箇所の絞り込みを行なう事が可能になる。

## 【 0 0 9 2 】

このように故障診断の入力となるフェイルログを加工し、診断の対象となる故障を減らす事により、絞り込みの時間を短縮する事ができる。また、フェイルログの情報を活用する事により、故障の種類を推定する事もできる。また、マスクの配置、配線の物理的な情報を加味する事により、効率よく、精度よく被疑故障の種類の推定と絞り込みを行なう事が可能になる。

【 0 0 9 3 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、半導体集積回路における故障の発生しやすい箇所に関する情報である故障リストを用いて前記半導体集積回路の故障検査を行なう事により、またチップ内におけるマスクパターンの物理的な情報や、セルや機能ブロックの実績を考慮して、故障の起こりやすさの順番づけ及び故障の重みづけを行なう事により、実際の故障に基づく高精度かつ高効率の故障検査やレイアウトを行なう事が可能となり、半導体集積回路における初期不良などの故障の低減に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における故障リストを読み込むレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 2】

本発明の第 2 の実施の形態における故障検査から生成する故障リストを読み込むレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 3】

本発明の第 3 の実施の形態における故障検査方法及びレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 4】

本発明の第 4 の実施の形態における故障検査方法及びレイアウト方法を説明するための論理回路図

【図 5】

図 4 の論理回路図に対応する故障リスト

【図 6】

図 4 の論理回路図における故障の起こりやすさに基づき順番づけした故障リスト

【図 7】

本発明の第 4 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャ

ート

【図 8】

本発明の第 4 の実施の形態におけるレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 9】

本発明の第 5 の実施の形態における、図 4 の論理回路図をマスキレイアウト図に置き換えた場合の要部を示す図

【図 1 0】

本発明の第 5 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 1 1】

本発明の第 5 の実施の形態におけるレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 1 2】

本発明の第 5 の実施の形態における故障リストの順番づけを説明するための論理回路図

【図 1 3】

図 1 2 の論理回路図をマスキレイアウト図に置き換えた場合の要部を示す図

【図 1 4】

本発明の第 6 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 1 5】

本発明の第 6 の実施の形態におけるマスク密度の一覧を例示する図

【図 1 6】

本発明の第 6 の実施の形態におけるレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 1 7】

本発明の第 7 の実施の形態におけるセル、機能ブロックの実績データベースを例示する図

【図 18】

本発明の第 7 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 19】

本発明の第 7 の実施の形態におけるレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 20】

本発明の第 8 の実施の形態における故障の重みづけの概念を例示する図

【図 21】

本発明の第 9 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 22】

本発明の第 9 の実施の形態における故障の重みづけの具体例を示す図

【図 23】

図 22 の故障の重みづけに検出、未検出の判定を追加した具体例を示す図

【図 24】

本発明の第 10 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 25】

本発明の第 10 の実施の形態における重みづけされた故障リストの具体例を示す図

【図 26】

本発明の第 11 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 27】

本発明の第 12 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

【図 28】

本発明の第 13 の実施の形態における故障検査方法の処理手順を示すフローチャート

ャート

【図 2 9】

本発明の第 1 3 の実施の形態における取り得る故障検出率を含む故障リストを例示する図

【図 3 0】

本発明の第 1 3 の実施の形態におけるレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 3 1】

本発明の第 1 4 の実施の形態における故障検査方法及びレイアウト方法の処理手順を示すフローチャート

【図 3 2】

本発明の第 1 5 の実施の形態における故障箇所絞り込み手段での処理手順を示すフローチャート

【図 3 3】

本発明の第 1 5 の実施の形態における故障しやすい箇所を出力する処理手順を示すフローチャート

【図 3 4】

本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第 1 の例におけるテストパターン生成の対象となる半導体回路を例示する論理回路図

【図 3 5】

同テストパターンの一例を示す図

【図 3 6】

図 3 4 の回路についてのフェイルログの一例を示す図

【図 3 7】

図 3 4 の回路についてのフェイルログの他の例を示す図

【図 3 8】

図 3 4 の回路についてのフェイルログのさらに他の例を示す図

【図 3 9】

図 3 4 の回路における境界条件を示す図



【図 4 0】

本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第 1 の例におけるフェイルログ加工の処理手順を示すフローチャート

【図 4 1】

本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第 2 の例のフローチャート

【図 4 2】

本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第 2 の例における発生の可能性の高い故障テーブルの例を示す図

【図 4 3】

本発明に基づく被疑故障箇所の絞り込み方法の第 3 の例のフローチャート

【図 4 4】

本発明の第 1 6 の実施の形態に基づく故障箇所絞り込み手段における処理手順を示すフローチャート

【図 4 5】

本発明の第 1 6 の実施の形態に基づく一般的な故障解析の処理手順を示すフローチャート

【図 4 6】

図 4 4 の処理手順の変形例を示す図

【図 4 7】

本発明に基づく故障箇所絞り込み手段における処理手順の他の例を示すフローチャート

【図 4 8】

従来のマスクパターンのレイアウト処理を示す図

【図 4 9】

従来の故障検査の処理手順を示すフローチャート

【図 5 0】

集積回路のマスクパターンの分布例を模式的に示す図

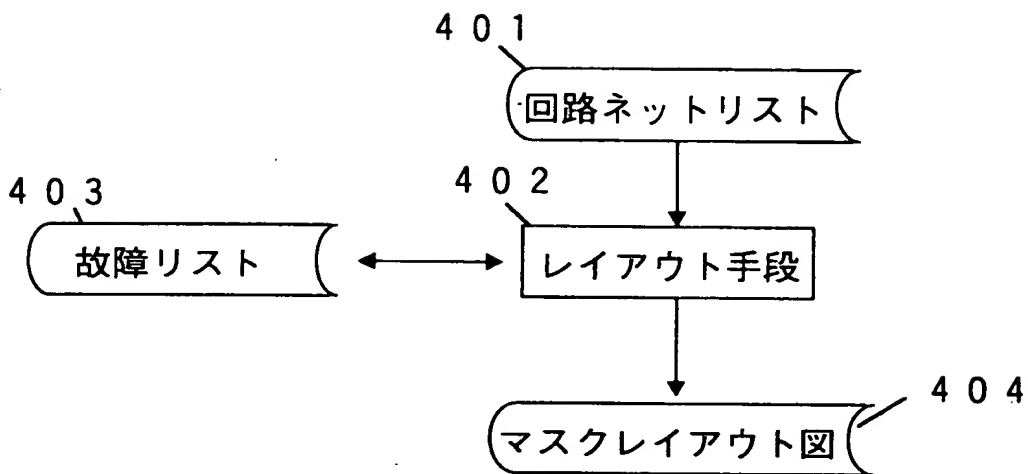
【符号の説明】

4 0 1      回路ネットリスト

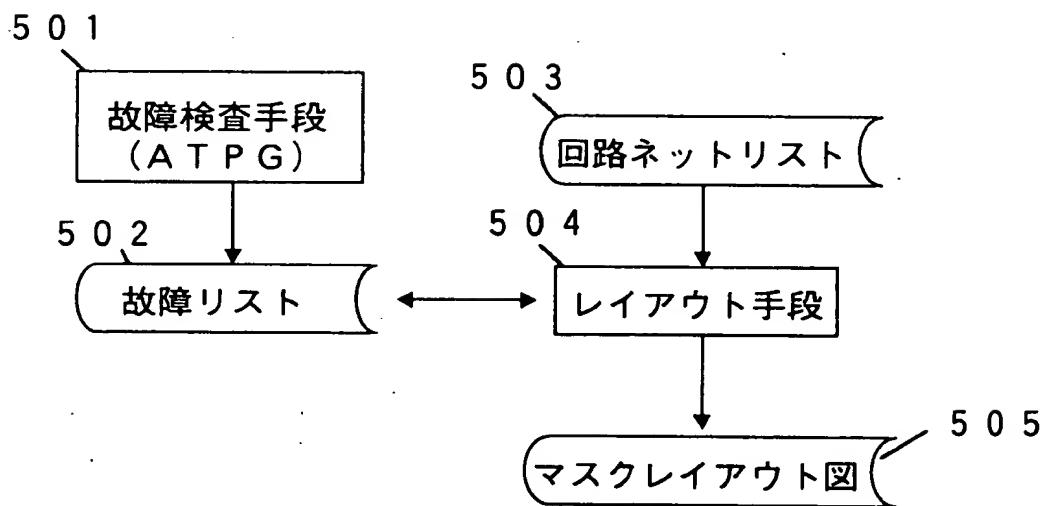
- 4 0 2    レイアウト手段
- 4 0 3    故障リスト
- 4 0 4    マスクレイアウト図

【書類名】 図面

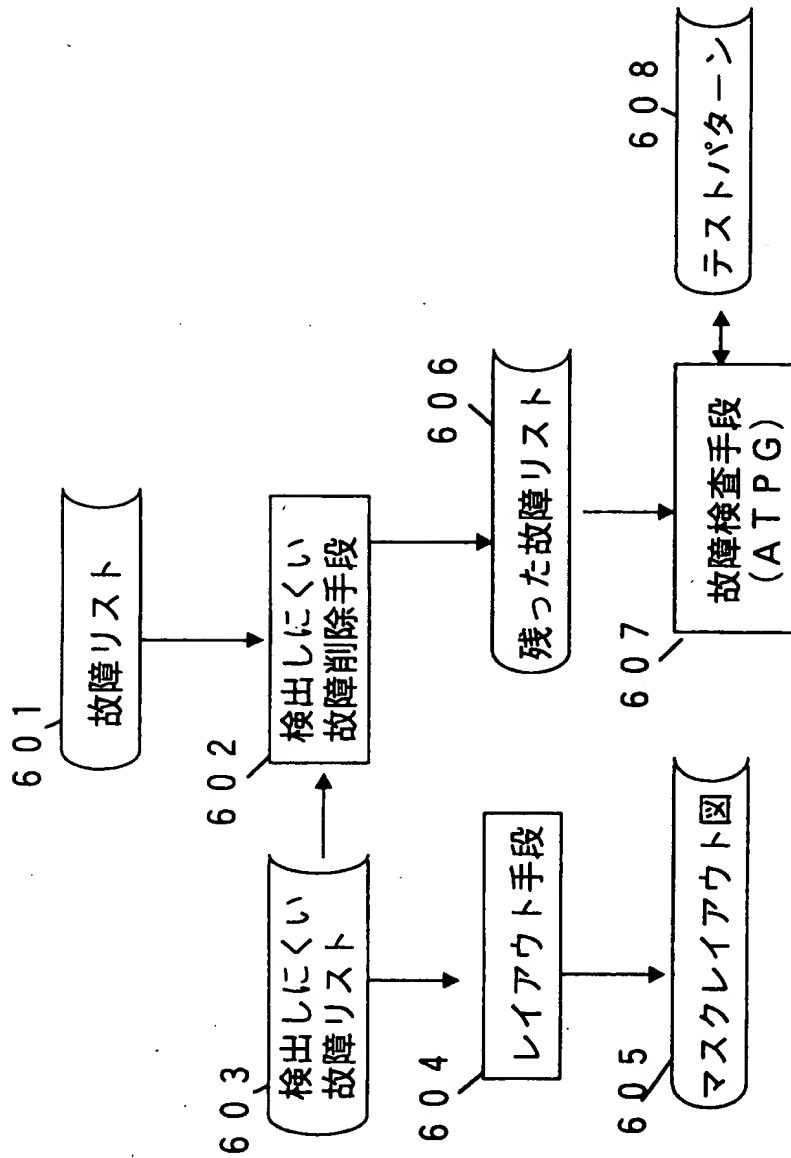
【図 1】



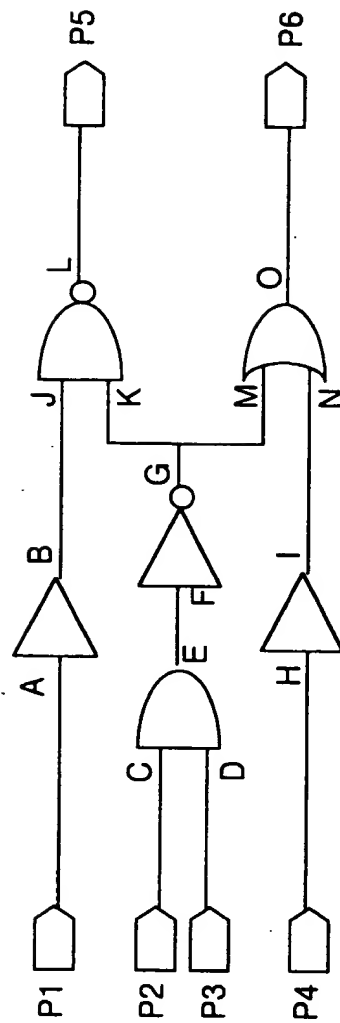
【図 2】



【図 3】



【图 4】



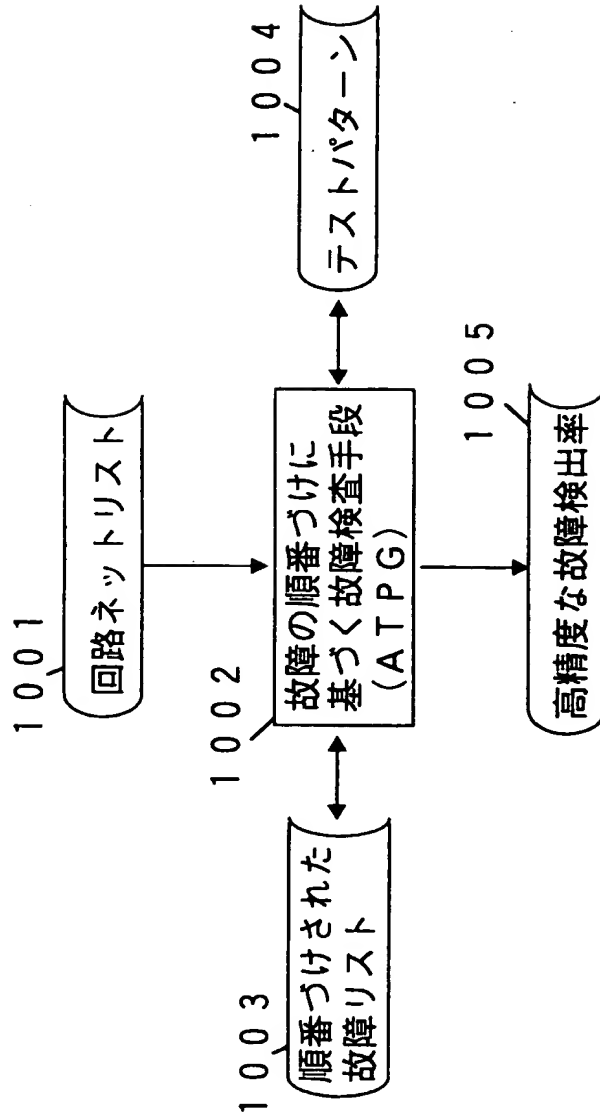
【図 5】

対象故障
A 点の 1 故障
A 点の 0 故障
B 点の 1 故障
B 点の 0 故障
C 点の 1 故障
C 点の 0 故障
...
N 点の 1 故障
N 点の 0 故障
O 点の 1 故障
O 点の 0 故障

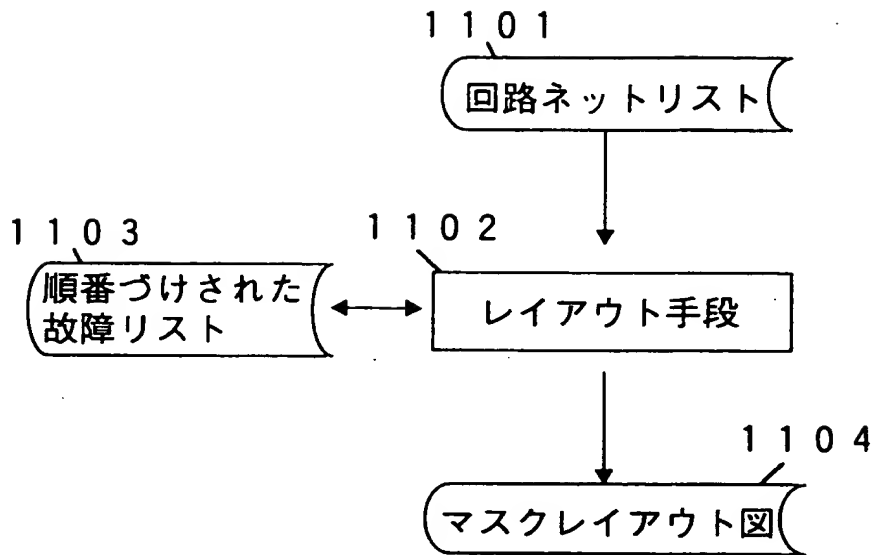
【図 6】

対象故障	故障の起こりやすさ
H 点の 1 故障	起こりやすい ↑ ↓ 起こりにくい
I 点の 1 故障	
F 点の 0 故障	
G 点の 1 故障	
M 点の 1 故障	
O 点の 1 故障	
...	
K 点の 0 故障	
L 点の 1 故障	

【図 7】

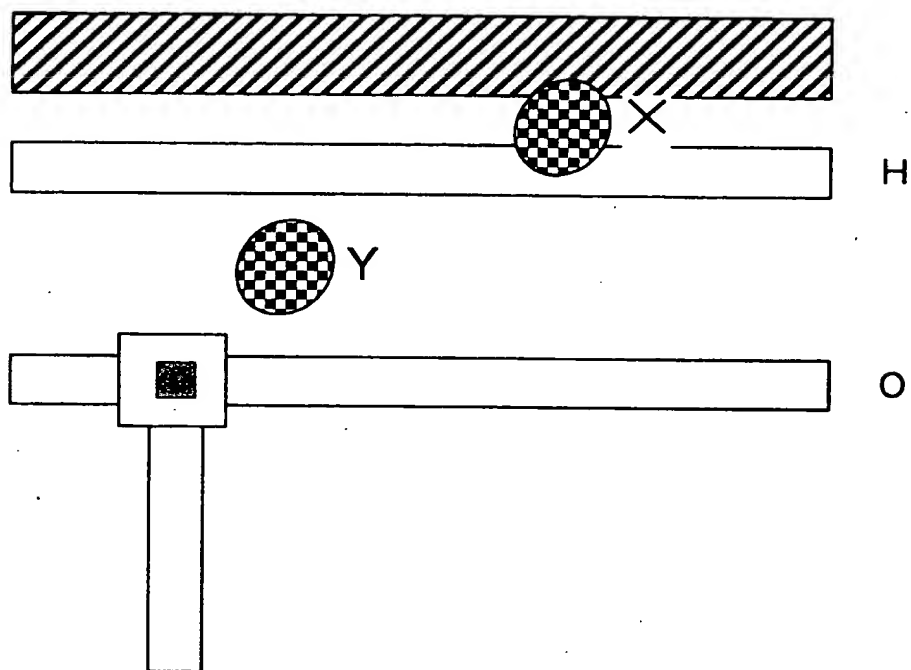


【図 8】

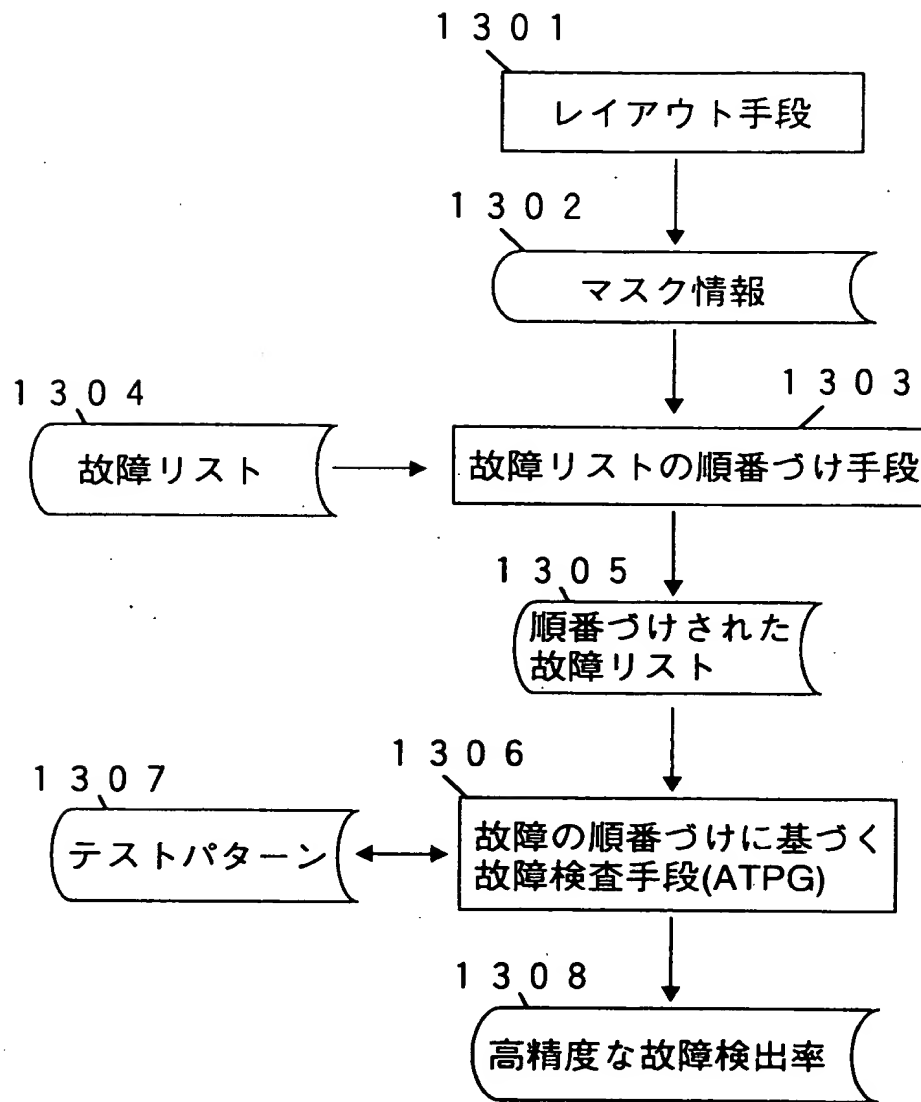




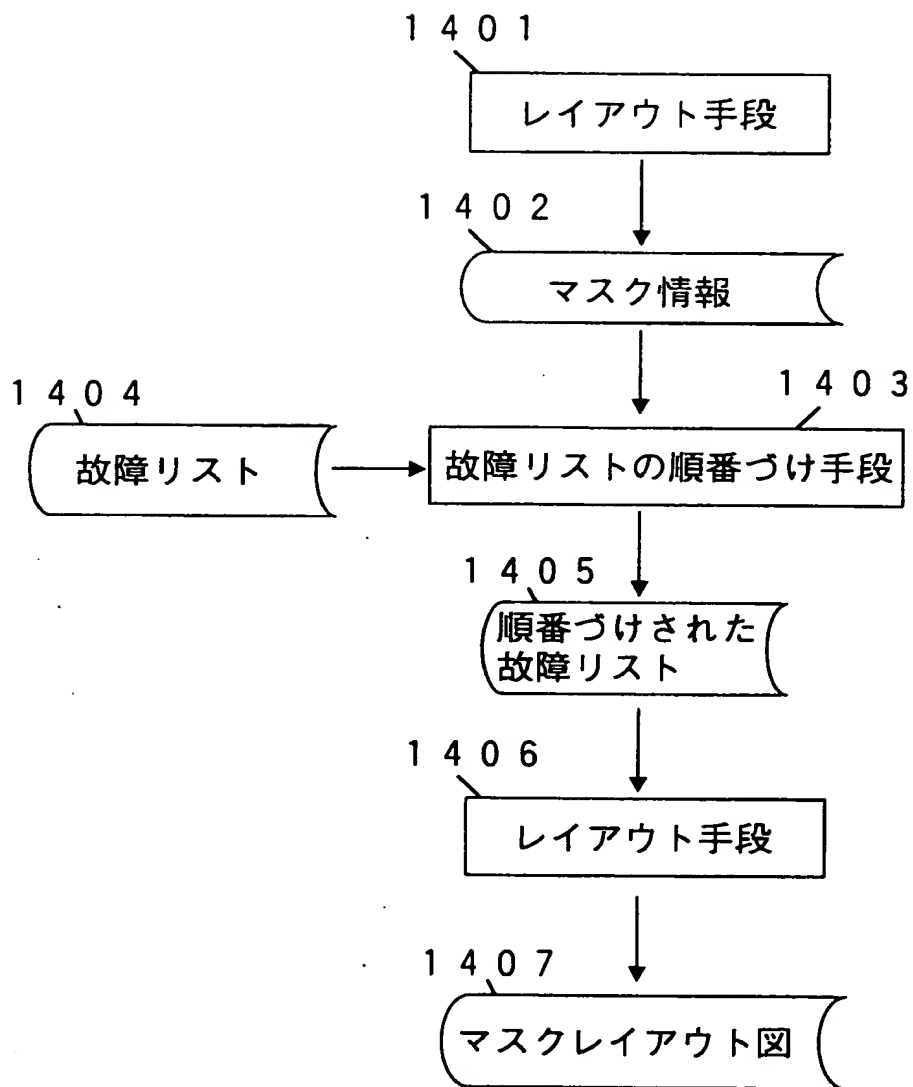
【図 9】



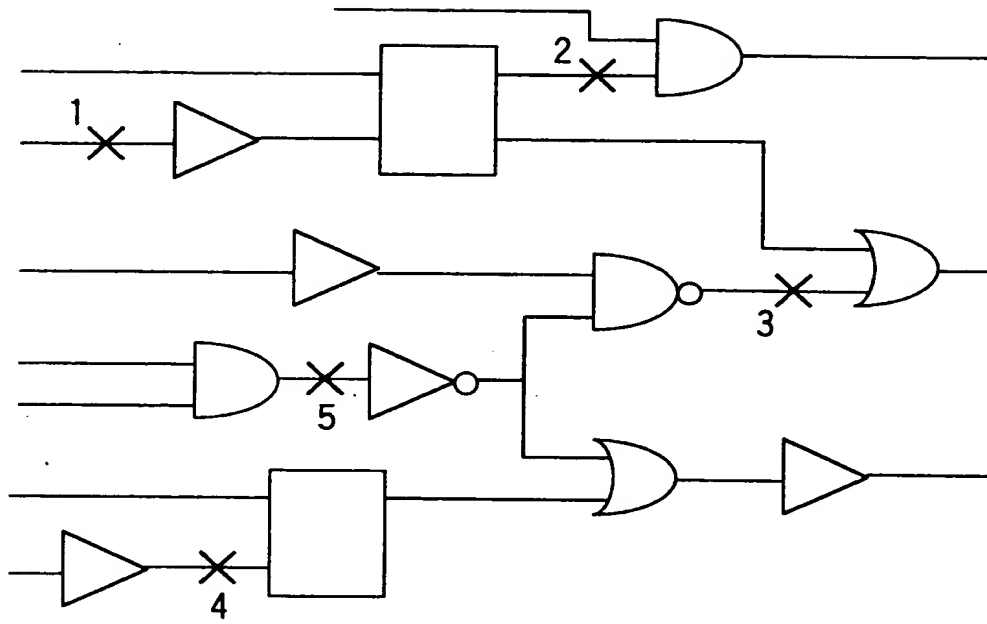
【図 10】



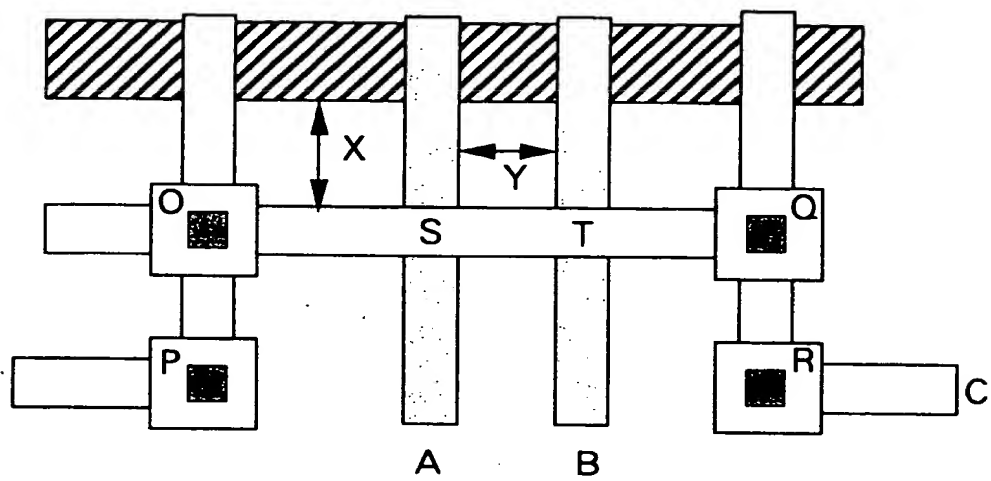
【図 1 1】



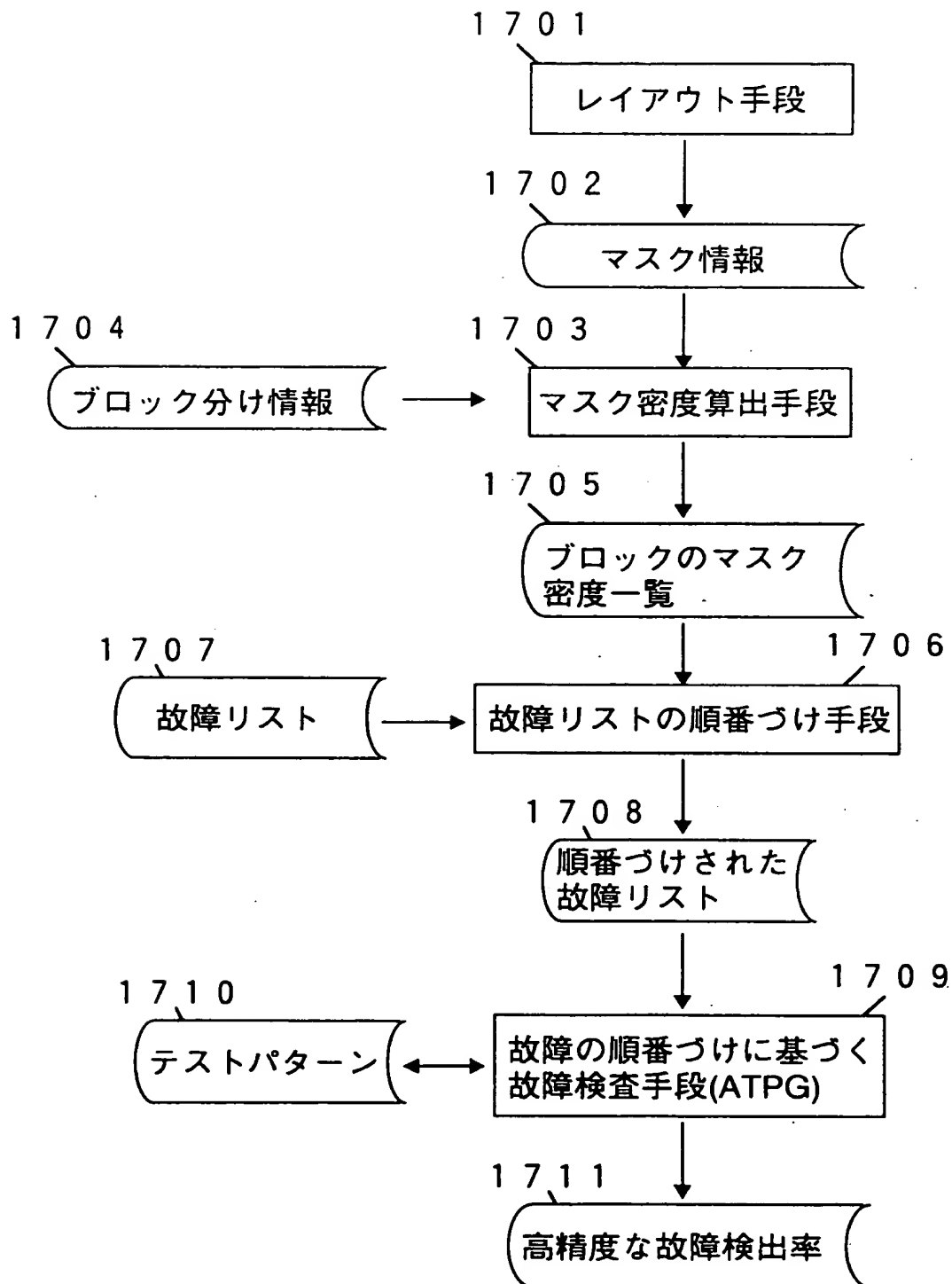
【图 1 2】



【図 1 3】



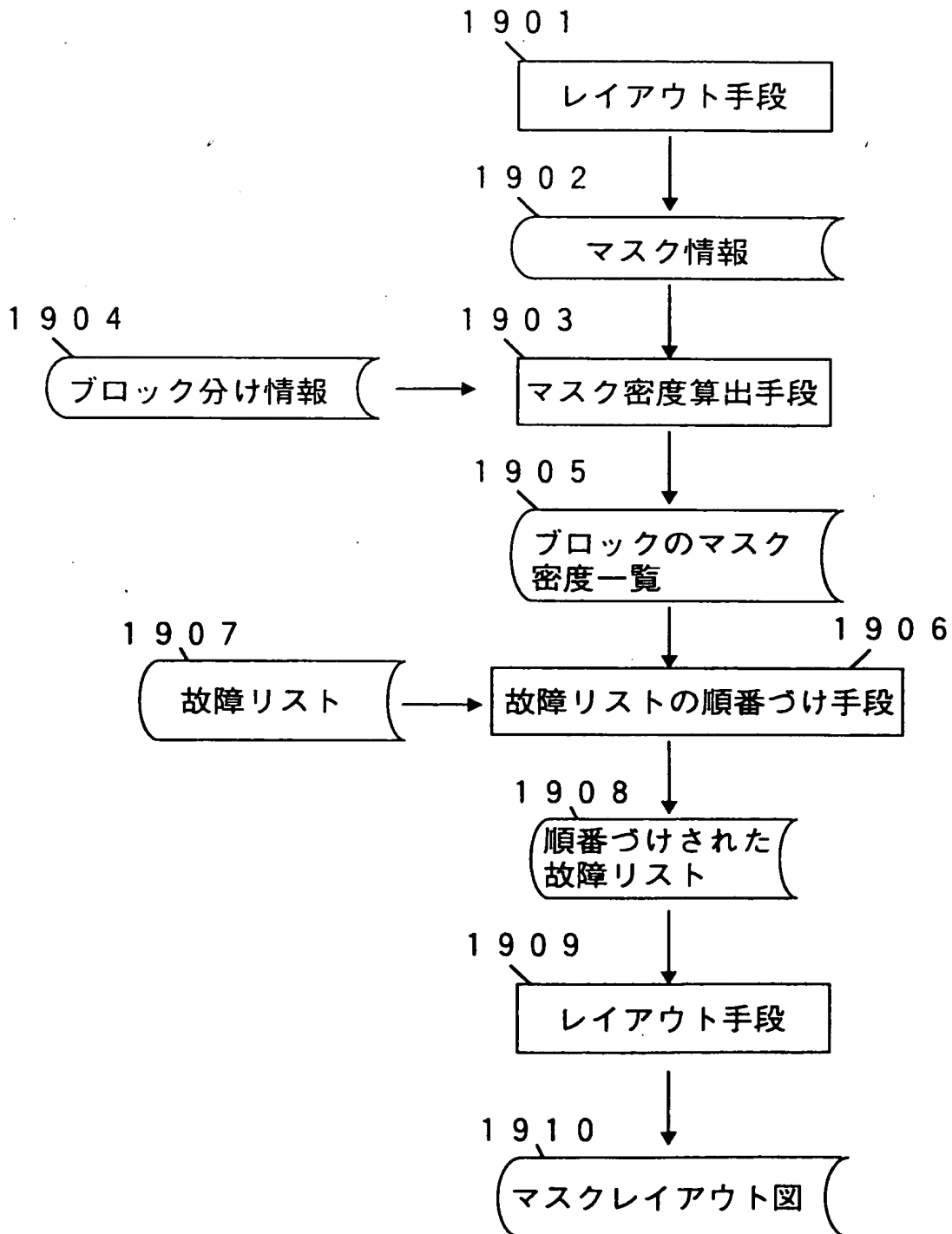
【図 14】



【図 1 5】

セル/ブロック名	マスク密度
ブロック 1	9 0 %
ブロック 2	8 5 %
ブロック 3	9 1 %
.	.
.	.
.	.

【図 16】

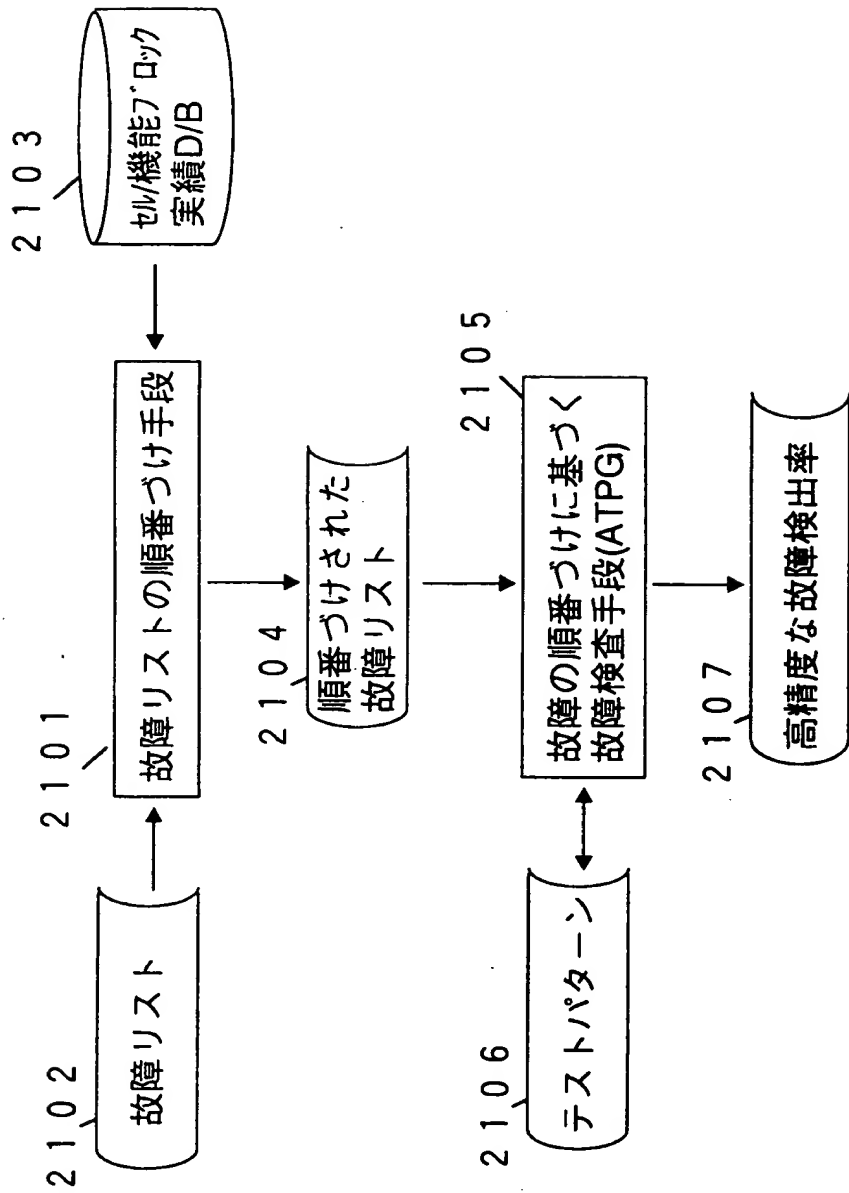




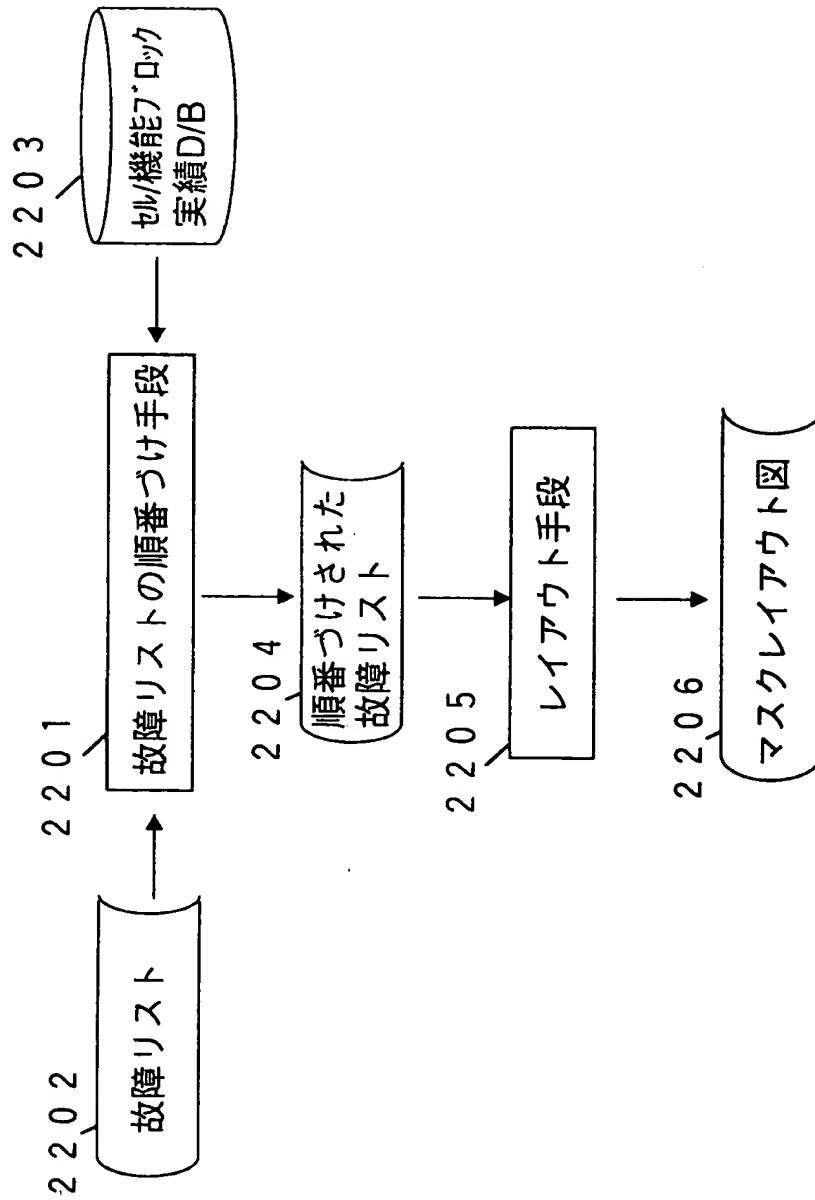
【図 1 7】

セ/機能 ブロック名	使用実績 回数	過去不良 回数	信頼性試験 状況	7°地入実績 回数
7°ブロックA	1500	0	◎	100
7°ブロックB	500	2	◎	100
7°ブロックC	800	1	○	100
7°ブロックD	20	3	△	5
7°ブロックE	1000	0	◎	100
7°ブロックF	1201	0	◎	100
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

【図 1 8】



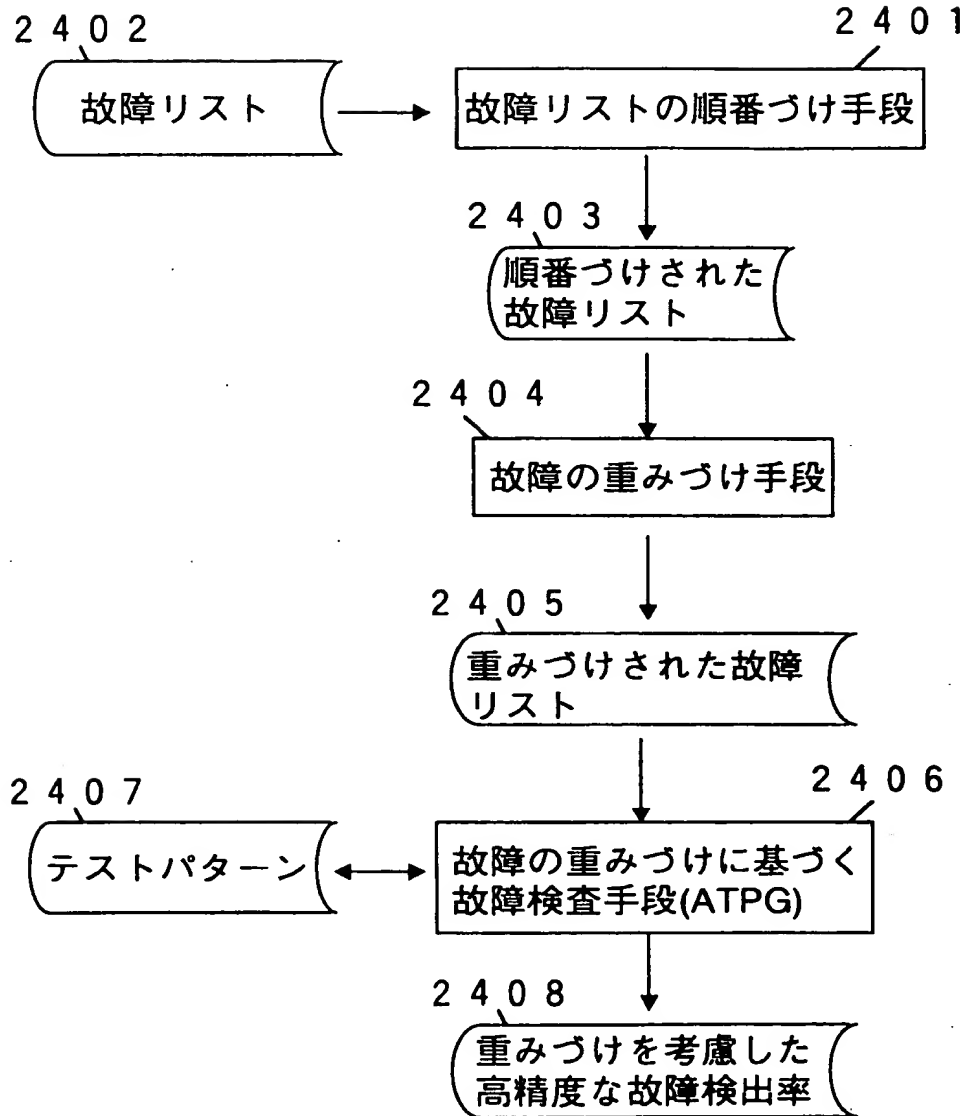
【図 1 9】



【図 2 0】

対象故障	従来の故障 の重みづけ	故障の起こりやすさ による重みづけ
A 点の 1 故障	1	0. 2
A 点の 0 故障	1	0. 2
B 点の 1 故障	1	1. 8
B 点の 0 故障	1	1. 6
C 点の 1 故障	1	0. 5
C 点の 0 故障	1	0. 5
. . . . .	.	.
. . . . .	.	.
T 点の 1 故障	1	1. 0
T 点の 0 故障	1	1. 0

【図 2 1】



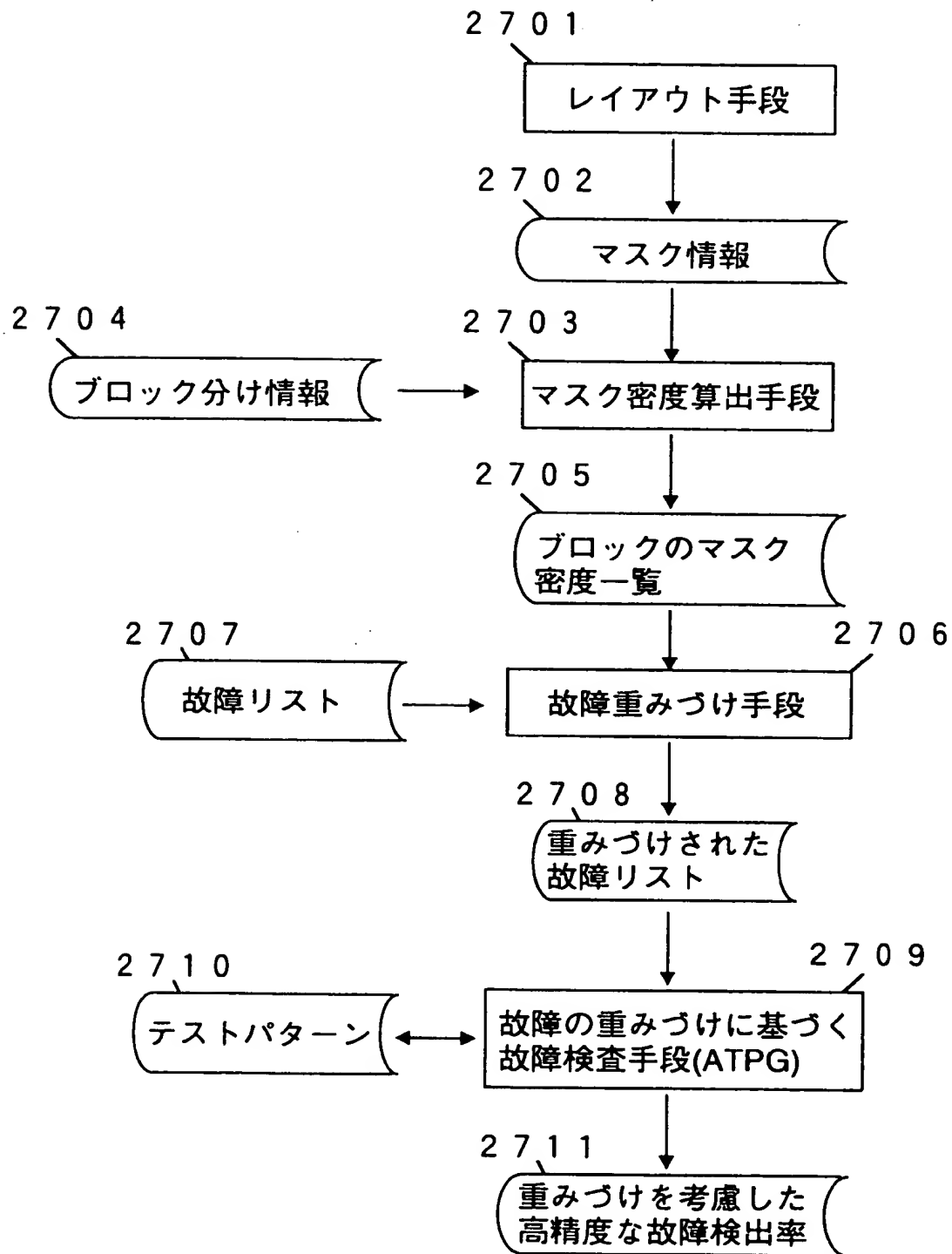
【図 2 2】

対象故障	重みづけ
H 点の 1 故障	1. 9 5
I 点の 1 故障	1. 9 0
F 点の 0 故障	1. 8 5
G 点の 1 故障	1. 8 0
...	
S 点の 0 故障	1. 0 5
T 点の 0 故障	1. 0 0
B 点の 0 故障	0. 9 5
...	
K 点の 0 故障	0. 1 0
L 点の 1 故障	0. 0 5

【図 2 3】

対象故障	重みづけ	検出/未検出判定
H 点の 1 故障	1. 9 5	検出
I 点の 1 故障	1. 9 0	検出
F 点の 0 故障	1. 8 5	未検出
G 点の 1 故障	1. 8 0	検出
...		
S 点の 0 故障	1. 0 5	未検出
T 点の 0 故障	1. 0 0	検出
B 点の 0 故障	0. 9 5	未検出
...		
K 点の 0 故障	0. 1 0	未検出
L 点の 1 故障	0. 0 5	検出

【図 24】

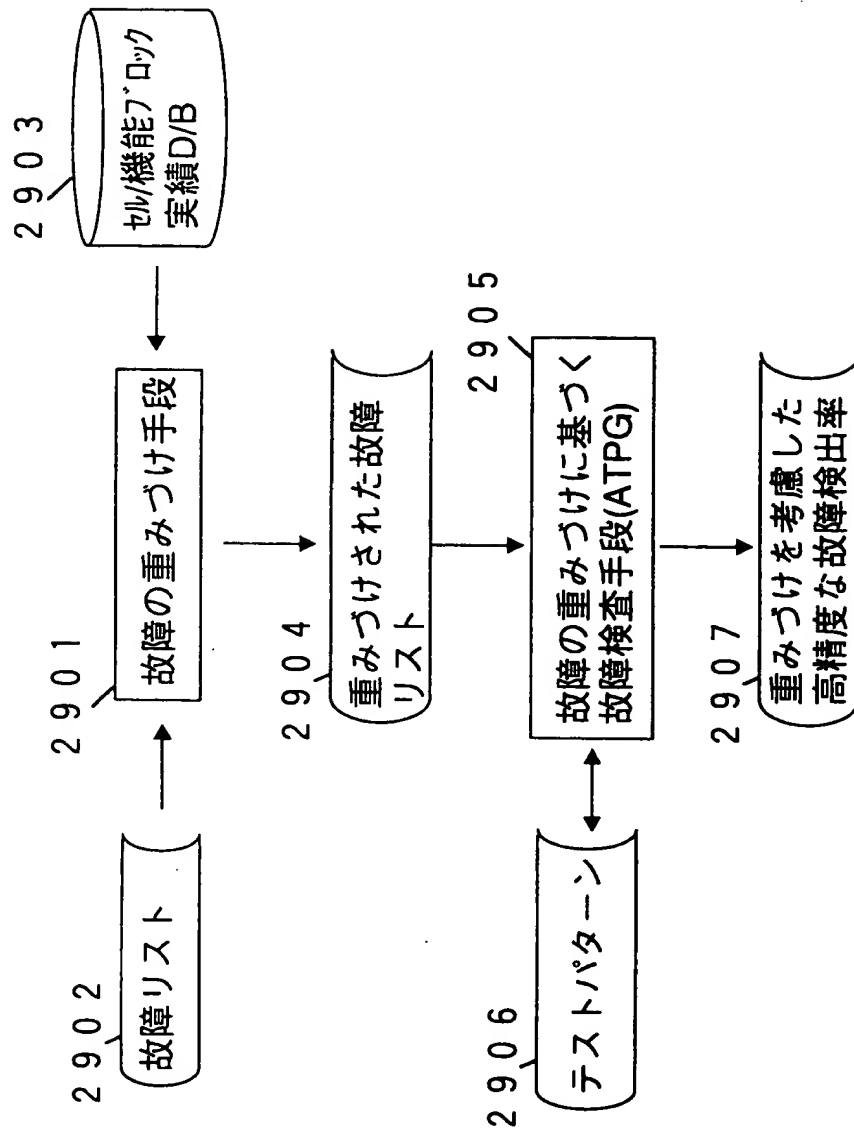


【図 2 5】

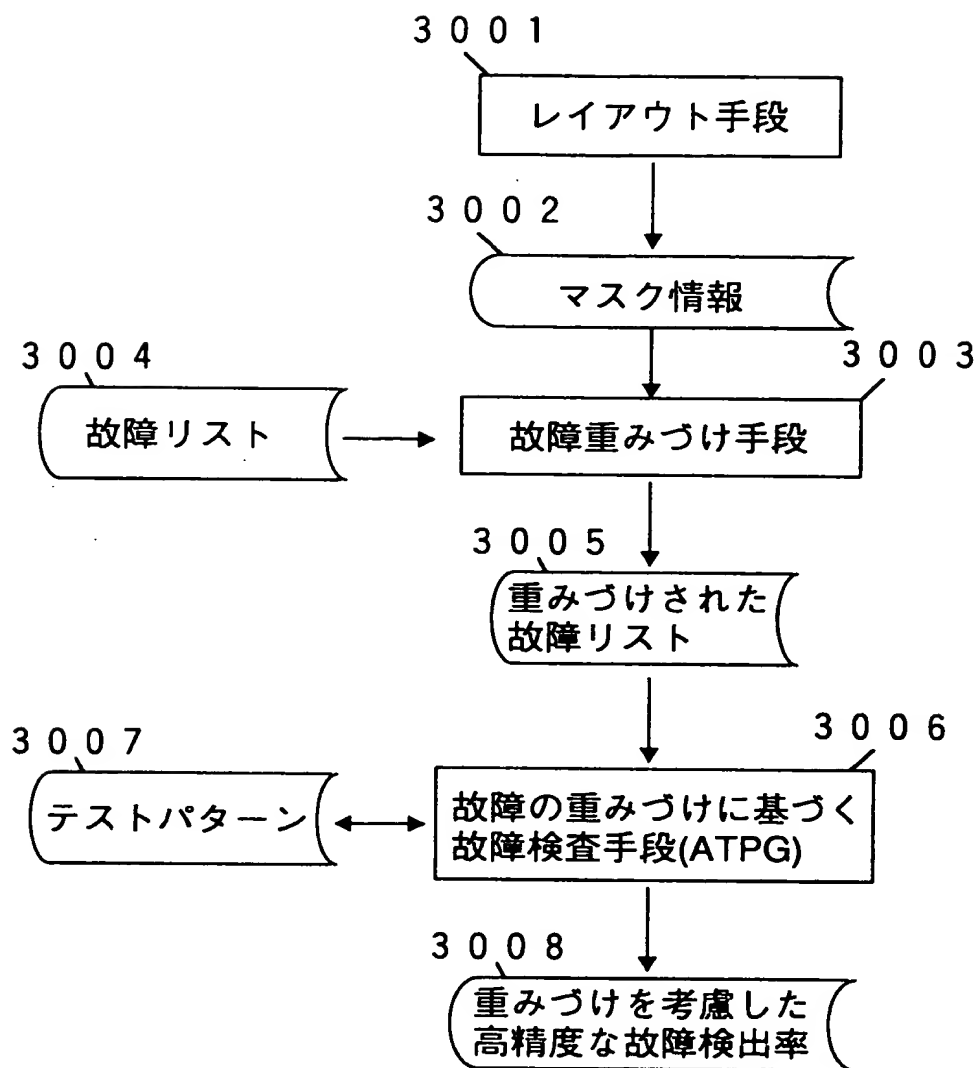
対象故障	セル／機能ブロック	マスク密度	重みづけ
	1チップ	1. 0	
A	ブロックA	0. 9	0. 9
B	ブロックA	0. 9	0. 9
C	ブロックB	0. 95	0. 95
D	ブロックB	0. 95	0. 95
E	ブロックB	0. 95	0. 95
F	ブロックC	0. 8	0. 8



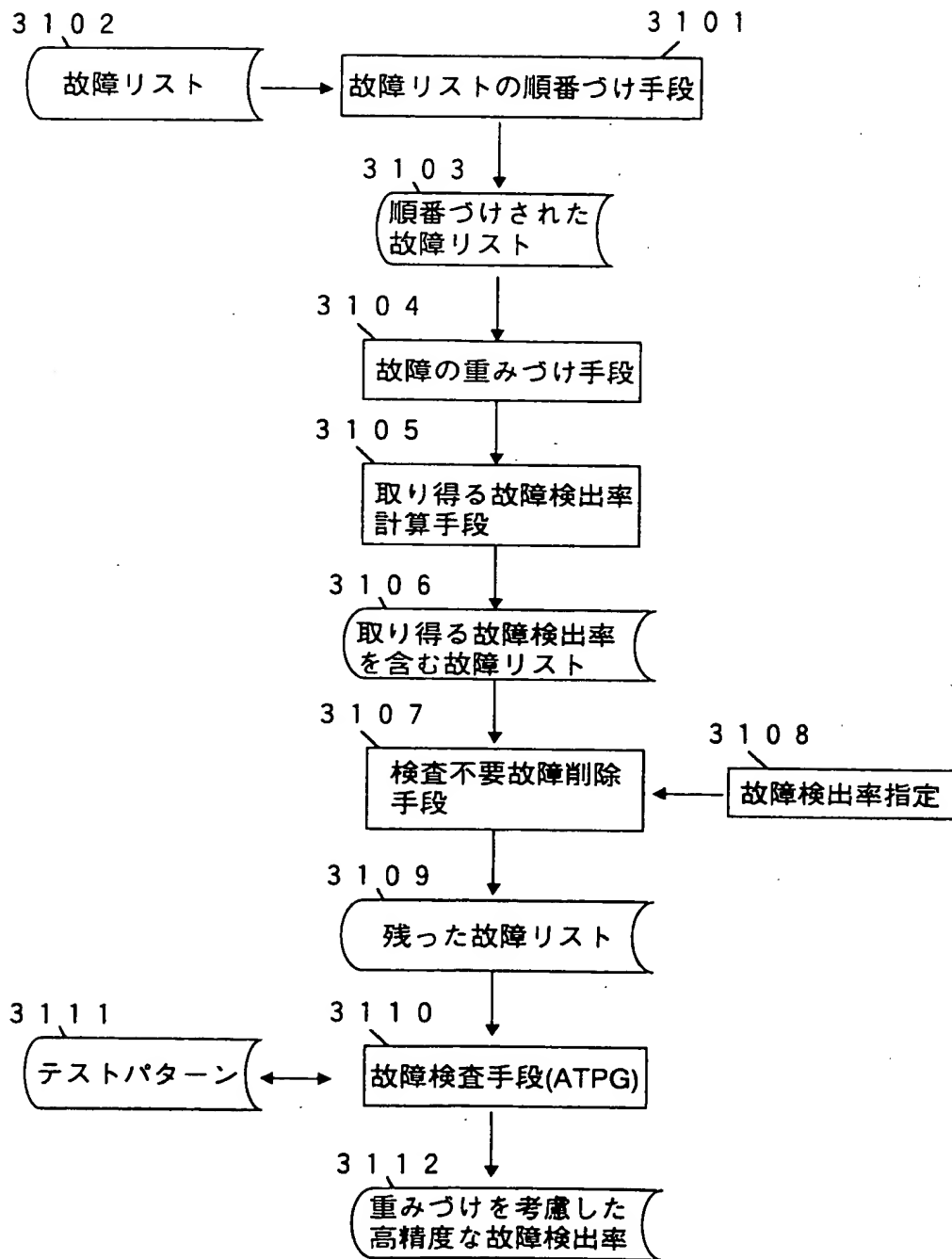
【図 2 6】



【図 2 7】



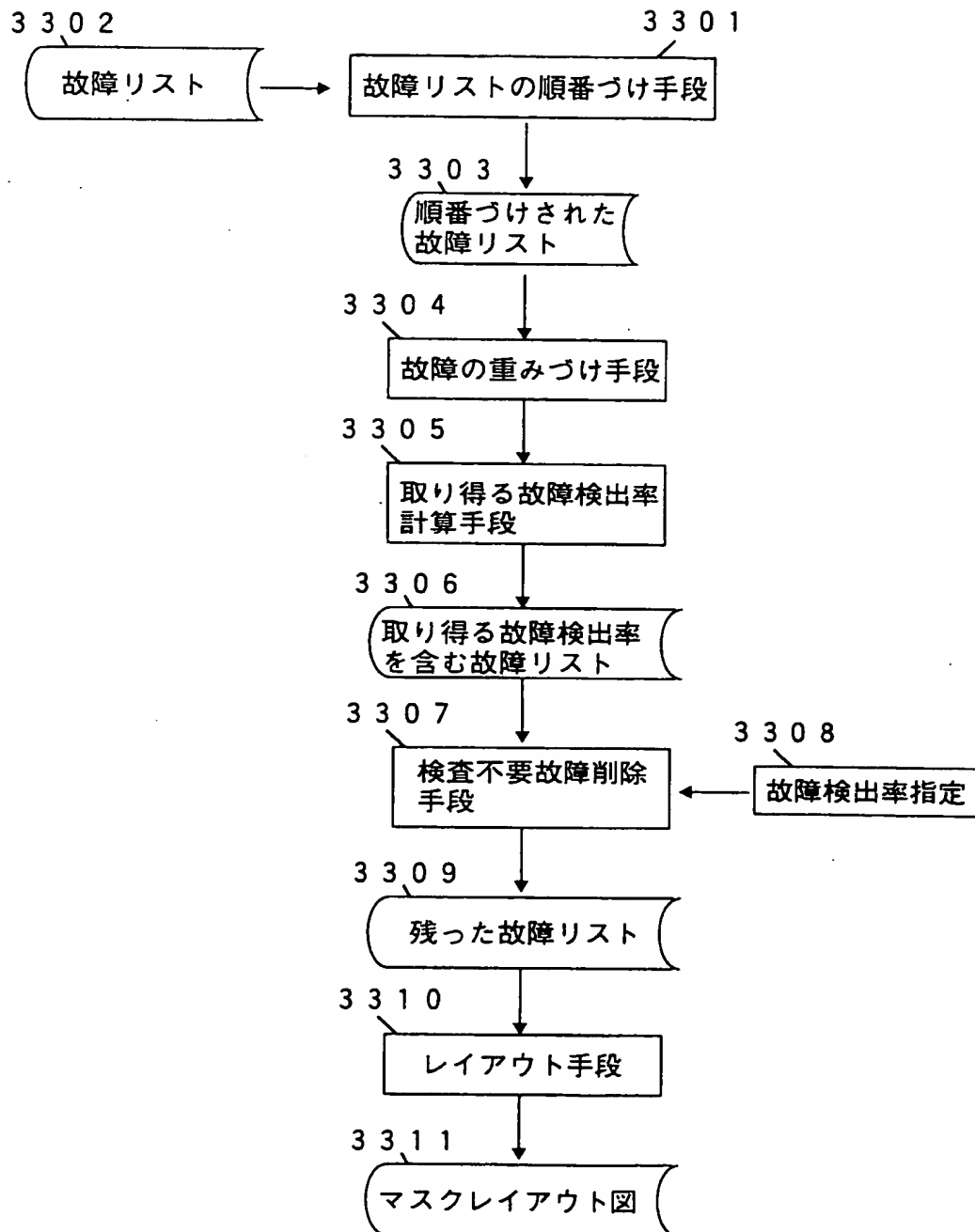
【図 28】



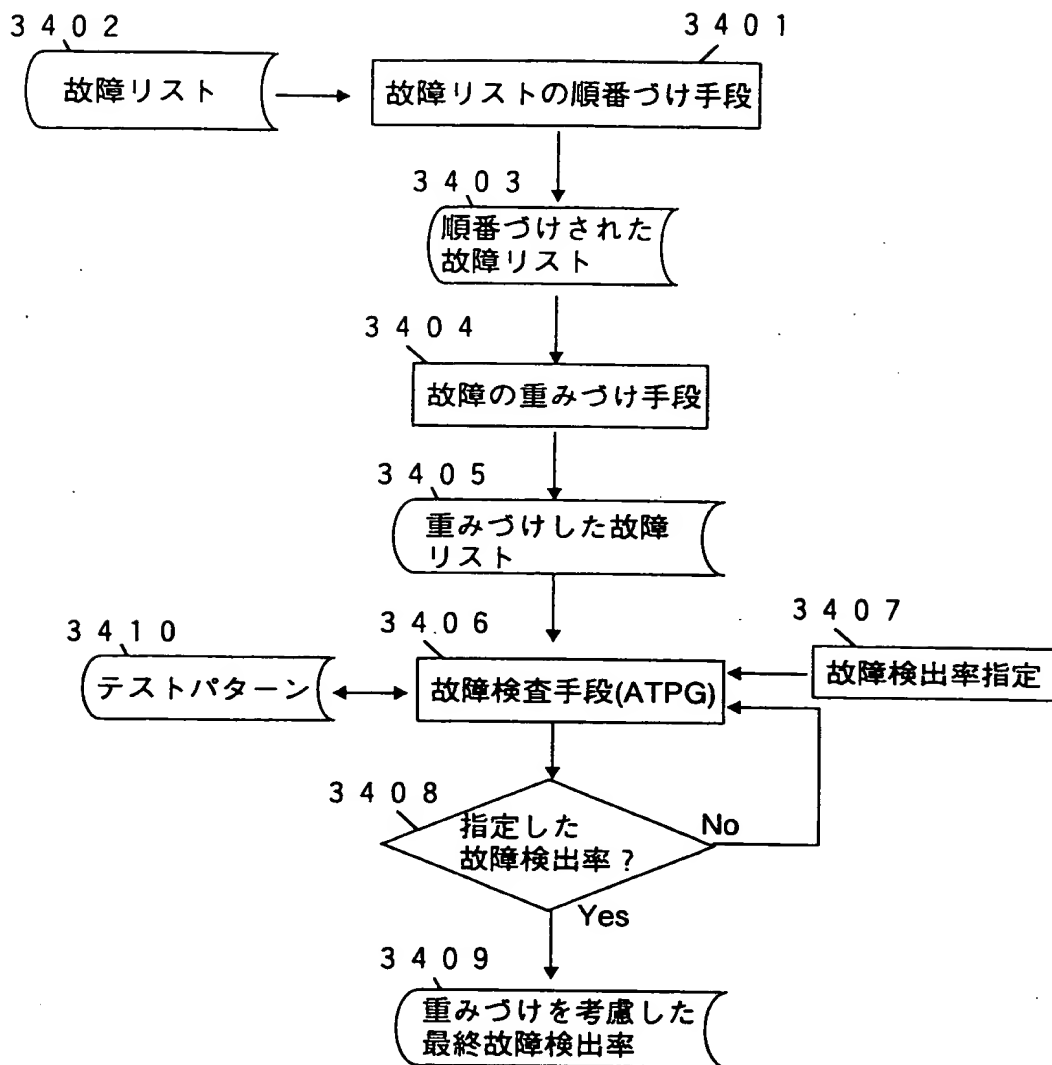
【図 2 9】

対象故障	重みづけ	取り得る故障検出率累計
H 点の 1 故障	1. 9 5	5. 0 %
I 点の 1 故障	1. 9 0	9. 9 %
F 点の 0 故障	1. 8 5	1 4. 6 %
G 点の 1 故障	1. 8 0	1 9. 2 %
.....	.....	.....
.....	.....	.....
K 点の 0 故障	0. 1 0	9 9. 9 %
L 点の 1 故障	0. 0 5	1 0 0 %

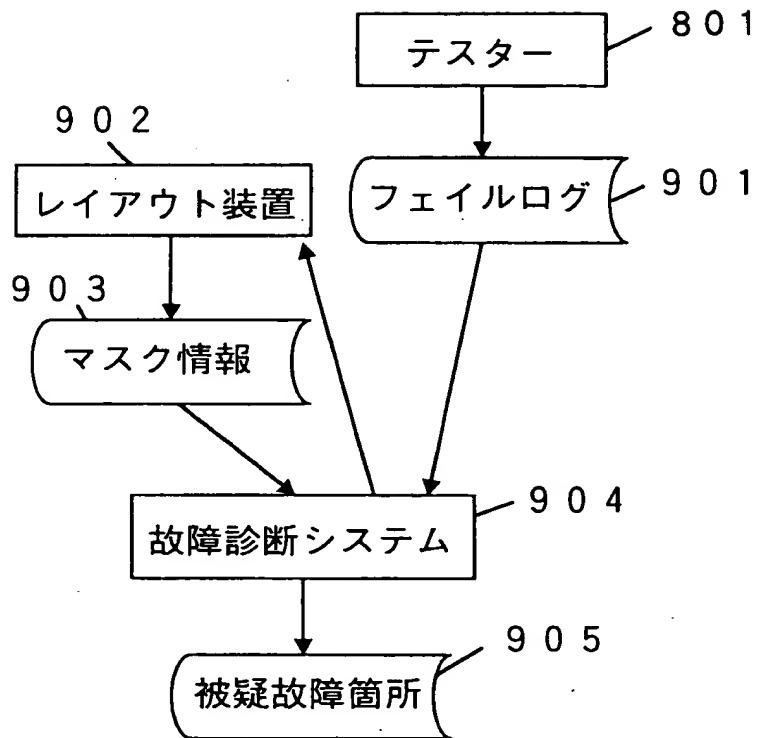
【図 3 0】



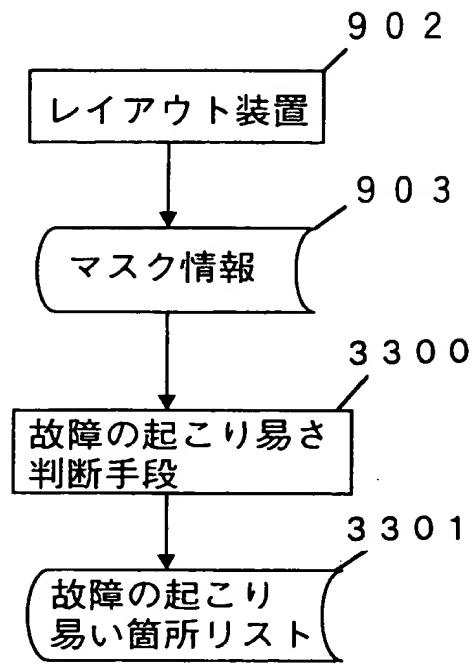
【図 3 1】



【図 32】

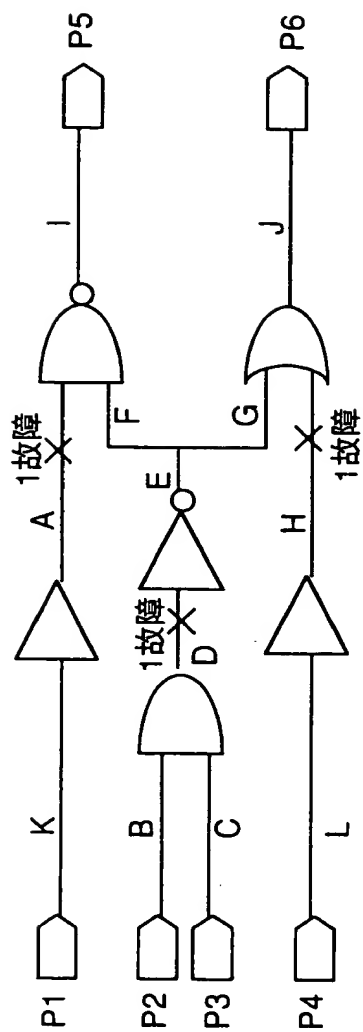


【図 3 3】





【图 3 4】



【図 3 5】

時刻	テストパターン					
	入力				期待値	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0	0	1	0	H	H
2	1	0	1	1	L	H
3	0	1	1	0	H	L
4	1	1	0	1	L	H
5	1	1	1	1	H	H

【図 3 6】

時刻	テストパターン					
	入力				期待値	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0	0	1	0	(L)	H
2	1	0	1	1	L	H
3	0	1	1	0	H	L
4	1	1	0	1	L	H
5	1	1	1	1	H	H

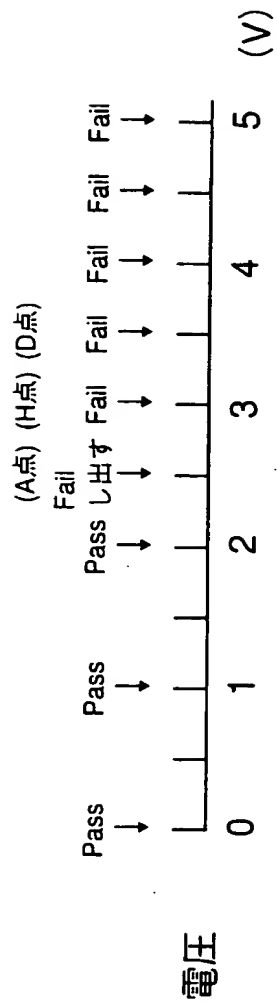
【図 3 7】

時刻	テストパターン					
	入力				期待値	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0	0	1	0	(L)	H
2	1	0	1	1	L	H
3	0	1	1	0	H	(H)
4	1	1	0	1	L	H
5	1	1	1	1	H	H

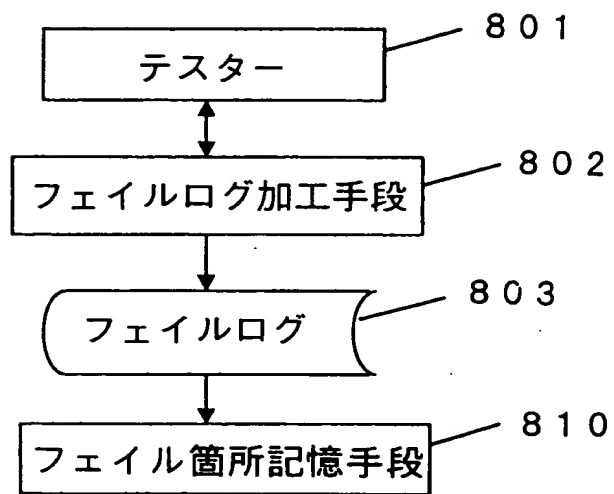
【図 3 8】

時刻	テストパターン					
	入力				期待値	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0	0	1	0	H	H
2	1	0	1	1	(H)	H
3	0	1	1	0	H	(H)
4	1	1	0	1	(H)	H
5	1	1	1	1	H	H

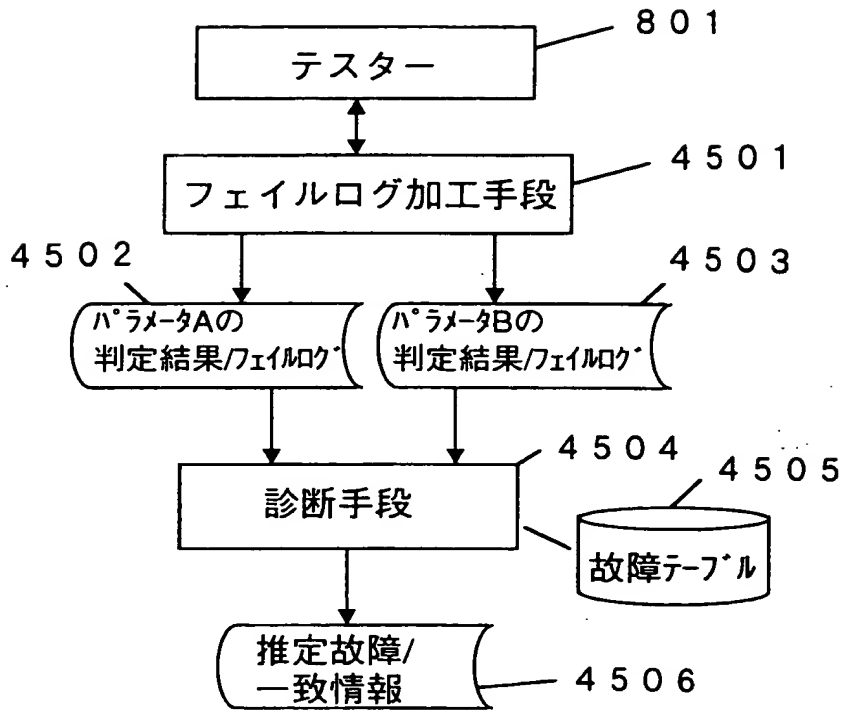
【図 3 9】



【図 40】



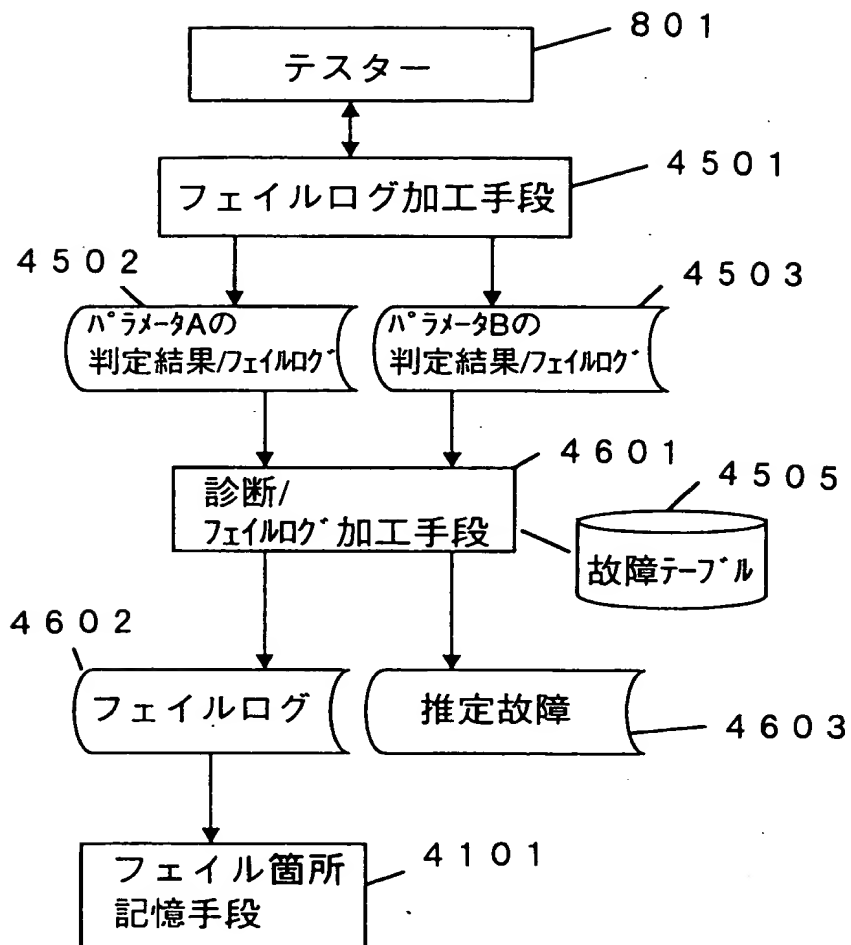
【図 4 1】



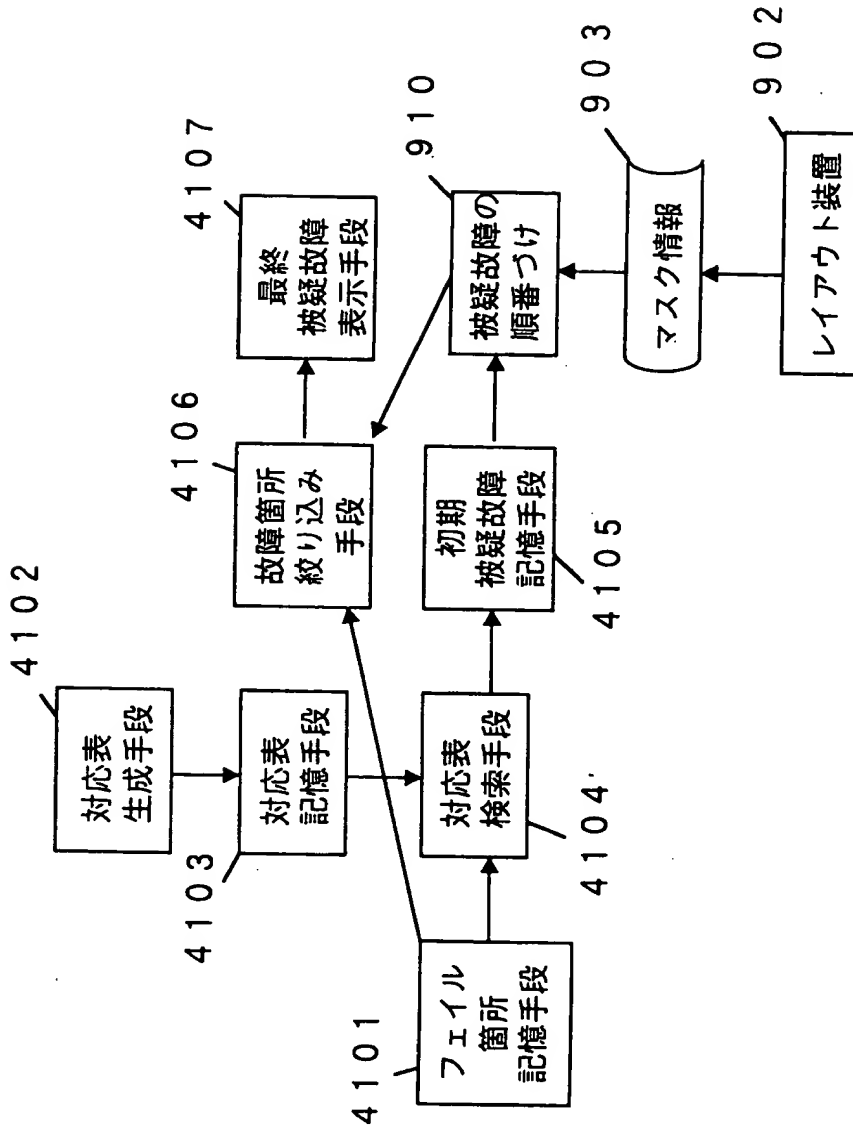
【図 4 2】

パラメータ	可能性の高い故障
A&B	X故障
A&C	Y故障
B&C	Z故障
A&!B	$\alpha$ 故障
A&!C	$\beta$ 故障
...	...

【図 4 3】

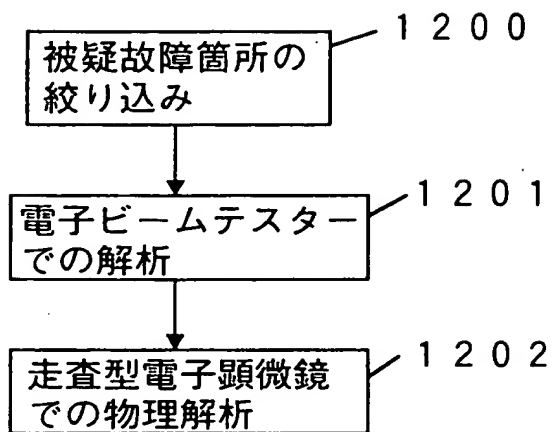


【図 44】

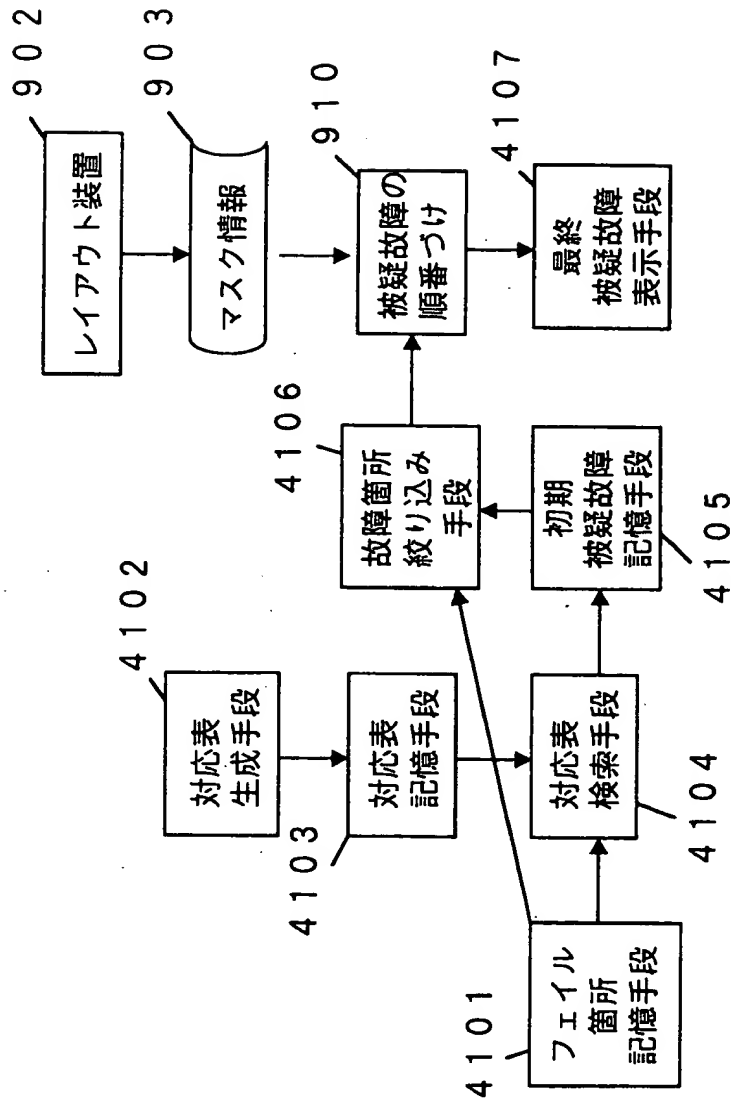




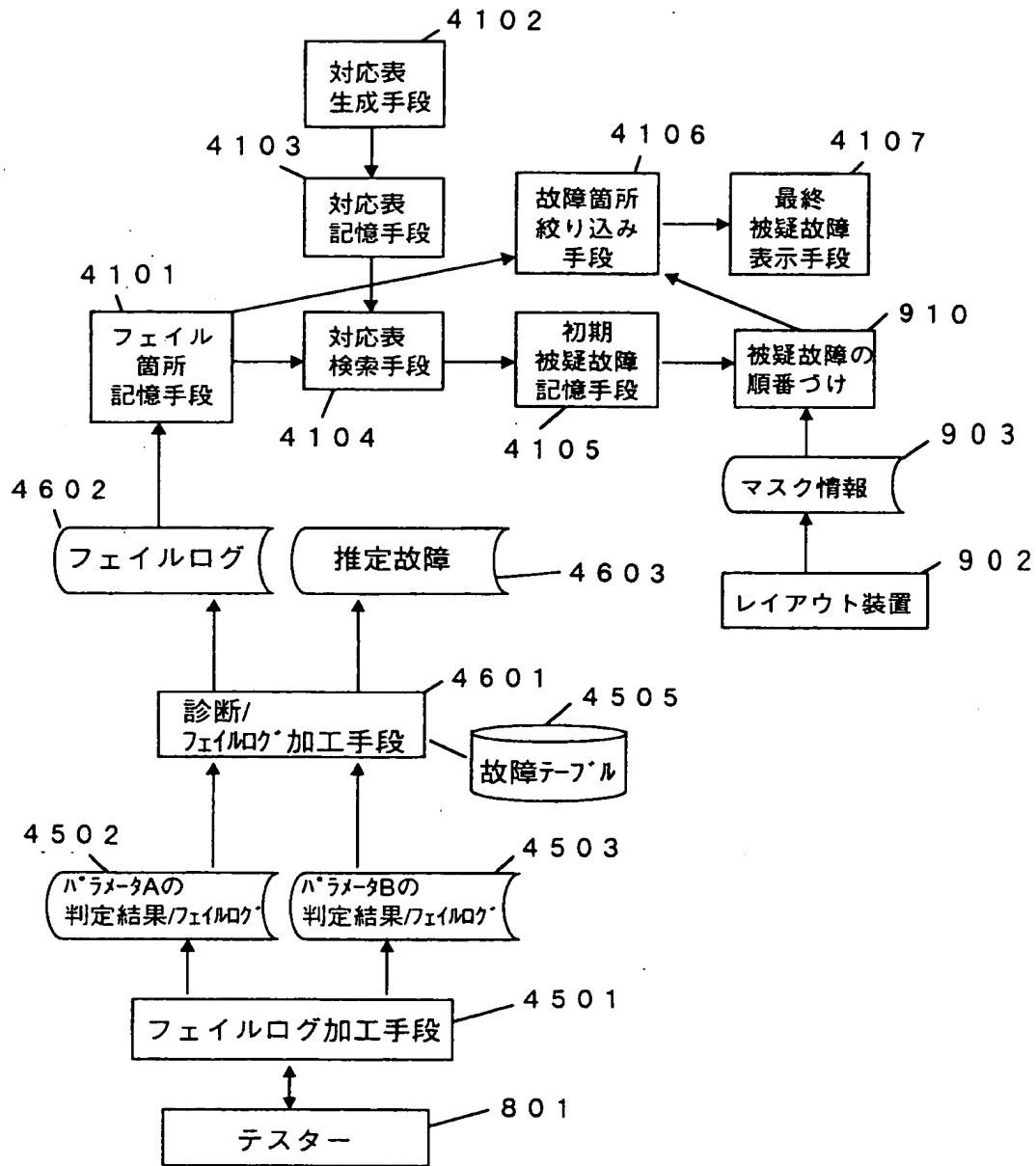
【図 4 5】



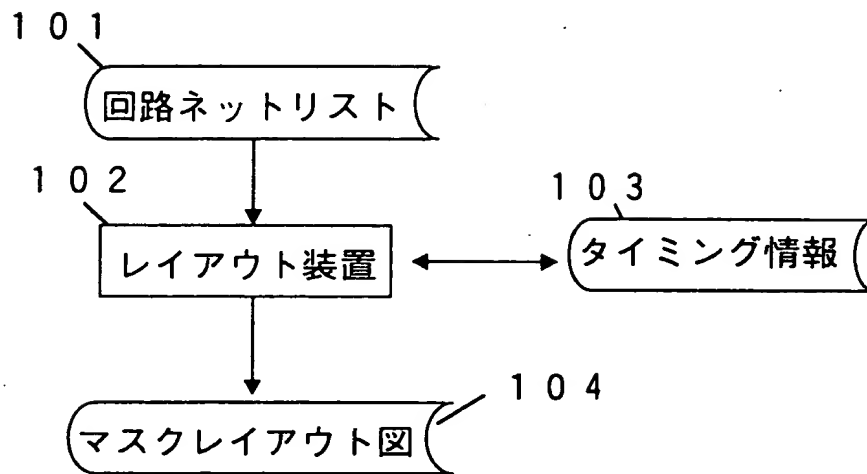
【図 46】



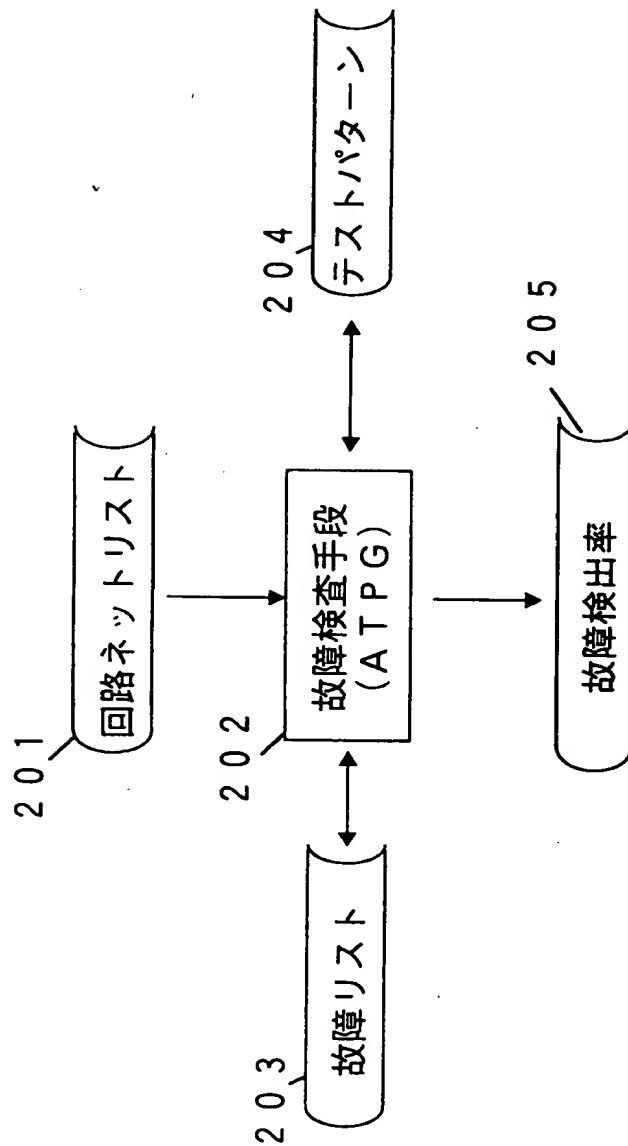
【図 47】



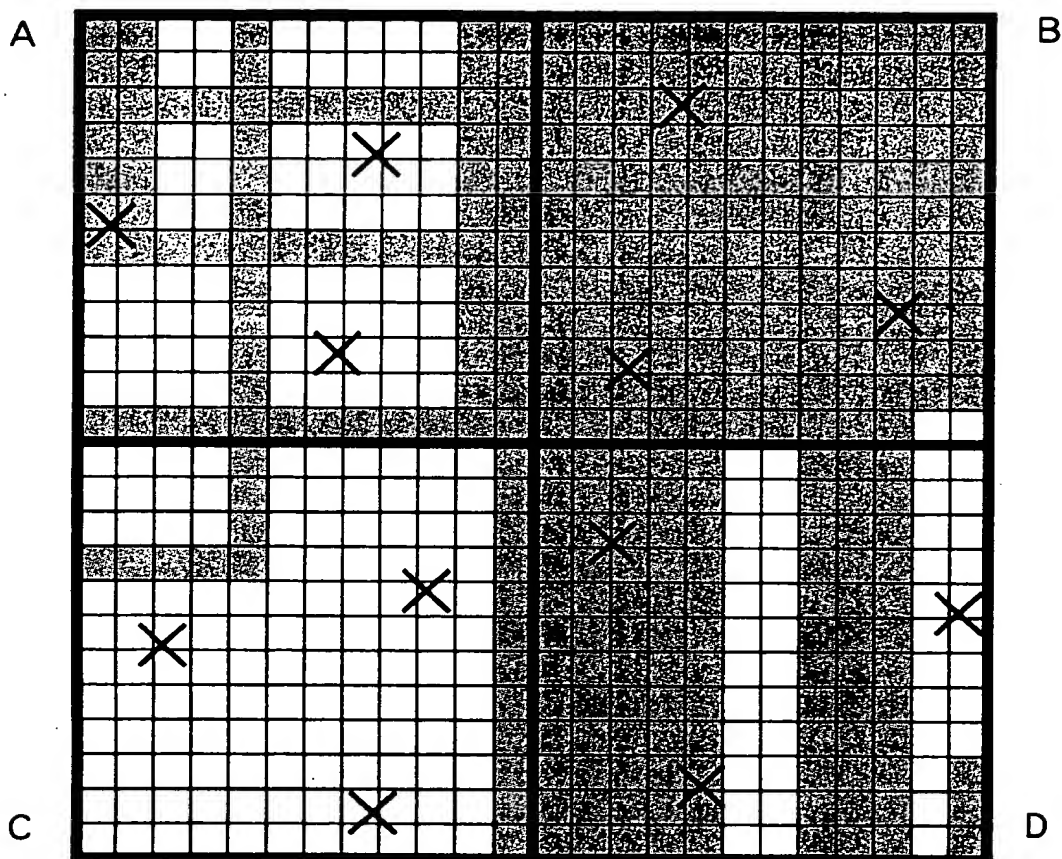
【図 4 8】






【図 4 9】



【図 5 0】



-  マスク有り部分
-  マスク無し部分
-  故障発生原因箇所

マスクの存在する割合

$$B > D > A > C$$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体集積回路のチップ内におけるマスクパターンの物理的な情報、セルや機能ブロックの実績を考慮し、実際の故障に基づく高精度かつ高効率の故障検査やレイアウトを行なう事を可能として、初期不良などの故障の低減に寄与できるようにする。

【解決手段】 チップ内におけるマスクパターンの物理的な情報、また、セルや機能ブロックの実績を考慮して、故障の起こりやすさの順番づけ 1 3 0 3 及び故障の重みづけを行ない、実際の故障に基づく高精度かつ高効率の故障検査 1 3 0 6 やレイアウトを行なう。

【選択図】 図 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社